

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

M1971-92

K. MATSUZAKI, et al

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC996 U.S. PTO
09/846773
05/01/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 5月 2日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-133744

出 願 人
Applicant(s):

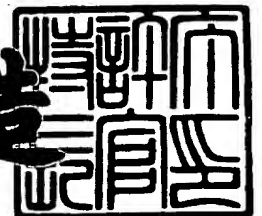
富士電機株式会社

#6
Priority
Paper
10-8-03
Retroactive

2001年 3月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3022801

【書類名】 特許願

【整理番号】 00P00163

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01F 17/00

【発明の名称】 磁性薄膜、それを用いた磁気部品およびそれらの製造方法、および電力変換装置

【請求項の数】 31

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内

【氏名】 松崎 一夫

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内

【氏名】 古田 拓

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内

【氏名】 高際 和美

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内

【氏名】 林 善智

【特許出願人】

【識別番号】 000005234

【氏名又は名称】 富士電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097250

【弁理士】

【氏名又は名称】 石戸 久子

【選任した代理人】

【識別番号】 100101111

【弁理士】

【氏名又は名称】 ▲橋▼場 満枝

【選任した代理人】

【識別番号】 100101856

【弁理士】

【氏名又は名称】 赤澤 日出夫

【電話番号】 03-3775-5391

【選任した代理人】

【識別番号】 100103573

【弁理士】

【氏名又は名称】 山口 栄一

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000- 14640

【出願日】 平成12年 1月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038760

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁性薄膜、それを用いた磁気部品およびそれらの製造方法、
および電力変換装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 樹脂が、磁性を有する微粒子を分散して含有していることを特徴とする磁性薄膜。

【請求項 2】 磁性を有する微粒子が、Fe、Ni、Co、Mn および Cr から選択された少なくとも 1 つの金属元素を含むものからなる請求項 1 に記載の磁性薄膜。

【請求項 3】 前記樹脂が、非感光性樹脂もしくは感光性樹脂であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁性薄膜。

【請求項 4】 前記樹脂が、有機磁性ポリマーであることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜。

【請求項 5】 有機磁性ポリマーが、交差共役ポリカルベンあるいはポリアセチレン及びポリジアセチレンを主鎖とする共役系ポリマーからなることを特徴とする請求項 4 に記載の磁性薄膜。

【請求項 6】 薄膜が、磁性を有する微粒子で構成され、該微粒子同士が互いに接するように集合していることを特徴とする磁性薄膜。

【請求項 7】 前記微粒子が、磁性粒子およびその周囲を被覆する絶縁膜からなることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜。

【請求項 8】 磁性を有する微粒子を媒質に分散させる工程と、該媒質を絶縁膜上に塗布する工程と、該媒質を熱処理し、固化する工程を含む磁性薄膜の製造方法。

【請求項 9】 前記媒質が、非感光性樹脂溶液もしくは感光性樹脂溶液であることを特徴とする請求項 8 に記載の磁性薄膜の製造方法。

【請求項 10】 磁性を有する微粒子を媒質に分散させる工程と、該媒質を絶縁膜上に塗布する工程と、該媒質を熱処理し、蒸発させ、該媒質を除去する工程を含む磁性薄膜の製造方法。

【請求項 11】 前記媒質が、トルエンであることを特徴とする請求項 10

に記載の磁性薄膜の製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜を第 1 および第 2 磁性薄膜とし、絶縁膜を介して半導体基板上に形成された第 1 磁性薄膜と、該第 1 磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に充填された第 2 樹脂と、前記薄膜導体上と前記第 2 樹脂上に形成された第 2 磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品。

【請求項 1 3】 前記第 2 樹脂が、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の磁気部品。

【請求項 1 4】 請求項 6 に記載の磁性薄膜を第 3 および第 4 磁性薄膜とし、絶縁膜を介して半導体基板上に形成された第 3 磁性薄膜と、該第 3 磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に形成された第 3 磁性薄膜と、前記薄膜導体上と第 3 磁性薄膜上に形成された第 4 磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品。

【請求項 1 5】 請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜を第 1 および第 2 磁性薄膜とし、該第 1 磁性薄膜を絶縁膜を介して半導体基板上に形成する工程と、該第 1 磁性薄膜上に渦巻き状の薄膜導体を形成する工程と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に第 2 樹脂を充填する工程と、前記薄膜導体上と前記第 2 樹脂上に第 2 磁性薄膜を形成する工程とを含むことを特徴とする磁気部品の製造方法。

【請求項 1 6】 前記第 2 樹脂が、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の磁気部品の製造方法。

【請求項 1 7】 請求項 6 に記載の磁性薄膜を第 3 および第 4 磁性薄膜とし、該第 3 磁性薄膜を絶縁膜を介して半導体基板上に形成する工程と、該第 3 磁性薄膜上に渦巻き状の薄膜導体を形成する工程と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に第 3 磁性薄膜を形成する工程と、前記薄膜導体上と前記第 3 薄膜上に第 4 磁性薄膜を形成する工程とを含むことを特徴とする磁気部品の製造方法。

【請求項 1 8】 請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜を第 1 および第 2 磁性薄膜とし、絶縁膜を介して絶縁基板上に形成された第 1 磁性薄膜と、該第 1 磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導

体間の隙間に充填された第2樹脂と、前記薄膜導体上と前記第2樹脂上に形成された第2磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品。

【請求項19】 前記第2樹脂が、請求項1ないし5のいずれか1項に記載の磁性薄膜であることを特徴とする請求項18に記載の磁気部品。

【請求項20】 請求項6に記載の磁性薄膜を第3および第4磁性薄膜とし、絶縁膜を介して絶縁基板上に形成された第3磁性薄膜と、該第3磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に形成された第3磁性薄膜と、前記薄膜導体上と第3磁性薄膜上に形成された第4磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品。

【請求項21】 磁気部品が、トランスである請求項12ないし14のいずれか1項に記載の磁気部品。

【請求項22】 磁気部品が、電力変換装置である請求項12ないし14のいずれか1項に記載の磁気部品。

【請求項23】 請求項1ないし7のいずれか1項に記載の磁性薄膜で被覆されていることを特徴とする導線。

【請求項24】 請求項23に記載の導線を巻線として用いた磁気部品。

【請求項25】 請求項23に記載の導線に磁気センサを付設した電流センサ。

【請求項26】 前記第1磁性薄膜と前記薄膜導体および前記第2樹脂との間および該薄膜導体および該第2樹脂と前記第2磁性薄膜との間に絶縁膜を有することを特徴とする請求項12ないし14のいずれか1項に記載の磁気部品。

【請求項27】 前記薄膜導体および前記第2樹脂は、絶縁膜を介して二層形成されたことを特徴とする請求項12ないし14のいずれか1項に記載の磁気部品。

【請求項28】 請求項1ないし7のいずれか1項に記載の磁性薄膜が半導体集積回路基板上に絶縁膜を介して形成され、該磁性薄膜上に渦巻状に形成された薄膜導体と、該渦巻状の薄膜導体間の隙間に充填された第2樹脂とを有する磁気部品を、配線基板上に搭載し、磁性を有する微粒子を分散して含有している樹脂により樹脂封止されたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 29】 請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の磁性薄膜が半導体集積回路基板上に絶縁膜を介して形成され、該磁性膜上に渦巻状に形成された薄膜導体と、該渦巻状の薄膜導体間の隙間に充填された第 2 樹脂とを有する磁気部品を、リードフレームに搭載し、金属細線により磁気部品と接続されたリード端子と、前記リードフレームと、前記磁気部品とが磁性を有する微粒子を分散して含有する樹脂により樹脂封止されたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 30】 前記薄膜導体および前記第 2 樹脂は、絶縁膜を介して二層形成されたことを特徴とする請求項 28 または 29 に記載の電力変換装置。

【請求項 31】 前記薄膜導体および前記第 2 樹脂の上に絶縁膜が形成されたことを特徴とする請求項 28 または 29 に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、リアクトル、トランスおよび磁気ヘッドなどの磁気部品の磁心となり得る磁性薄膜と、この磁性薄膜を半導体基板上に形成した磁気部品およびそれらの製造方法ならびに電力変換装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

リアクトル、トランスおよび磁気ヘッドなどの磁気部品の磁心となる磁性薄膜は、従来、磁性材料の焼結、圧延、メッキおよびスパッタなどの方法で製造されるのが一般的である。

磁気部品はその使われ方に応じて異なる磁性特性が要求される。大別して、硬磁気特性と軟磁気特性である。硬磁気特性は、 $B-H$ 特性が角形ヒステリシスをもち高い保磁力を有し、この硬磁気特性を有する磁気部品としては磁気記録媒体などがある。軟磁気特性は、 $B-H$ 特性で小さな保磁力を有し、この軟磁気特性を有する磁気部品としては、小さな磁氣的損失が要求されるインダクタやトランスなどの電源部品がある。この電源部品に用いられる磁気部品の磁気特性には、透磁率が高いことと、磁性体内の磁力線に起因した渦電流損失が小さいことが要求される。そのため、電源部品に用いられる磁気部品を形成する磁気材料には、

高い透磁率に加えて高い電気抵抗の磁気特性が求められる。

【0003】

電源部品に用いられる磁気部品の磁気特性としては、保磁力 (H_c) は 40 m A/m 以下、飽和磁束密度 (B_s) は 1 T 以上、透磁率 (μ) は数千のオーダー (MHz で) および電気抵抗 (ρ) は $10^{-6}/\Omega\text{ m}$ 以上が求められ、スパッタ法で成膜した Co 系アモルファス磁性薄膜で形成される磁気部品などが実用化されている。

【0004】

図 14 は、スパッタ法でシリコン基板上に形成された薄膜インダクタの構成図で、同図 (a) は平面図、同図 (b) は同図 (a) の A-A 線で切断した断面図である。この薄膜インダクタは、厚みが $60\text{ }\mu\text{ m}$ で、銅からなる平面スパイラルコイル (Cu コイル 104) をスパッタ法で成膜した Co 系アモルファスの磁性薄膜 103、106 でサンドイッチした構造となっている。尚、図では 2 ターンのコイルとしたが、実際は数ターンから数十ターンで用いられる。また、図中の 101 は、IC やスイッチング素子が形成されたシリコン基板、102 はポリイミド膜、103 は CoHfTaPd の磁性薄膜、105 はポリイミド膜、106 は CoHfTaPd の磁性薄膜、107 は Cu コイル 104 の中央部の端部とシリコン基板 101 に形成されたスイッチング素子とを接続する接続導体で、 Cu コイル 104 を形成するとき、同時に形成する。

【0005】

図 15 は、スパッタ法で製作した磁性薄膜の製造工程で、同図 (a) から同図 (d) は工程順に示した製造工程断面図である。これは図 11 の薄膜インダクタを製造するときの工程である。

IC やスイッチング素子などの半導体素子が作り込まれたシリコン基板 81 に、非感光性ポリイミド 82 (厚さ $5\text{ }\mu\text{ m}$) を塗布・ベークした後、スパッタ法で CoHfTaPd 膜 83 (厚さ $9\text{ }\mu\text{ m}$) を形成する (同図 (a))。つぎに、再度、非感光性ポリイミド 84 (厚さ $5\text{ }\mu\text{ m}$) を塗布・ベークし、 $\text{Ti/Au}(=0.5/0.1\text{ }\mu\text{ m})$ をスパッタ法で形成、パターンニング加工し、めっきの電極層 85 とする (同図 (b))。このとき、シリコン基板 81 に形成されるスイッチング素子と電氣的接続

をするために接続導体 9 0 をめっきの電極層 8 5 の形成と同時に形成する。つぎに、感光性ポリイミド膜 8 6 を塗布・ベークしパターンニングを行ってめっきマスク（厚さ $30\ \mu\text{m}$ ）を形成し、Cu コイル 8 7 をめっきで形成する（同図（c））。その後、非感光性ポリイミド 8 8（厚さ $5\ \mu\text{m}$ ）の塗布・ベーク、スパッタ法による CoHfTaPd 膜（厚さ $9\ \mu\text{m}$ ）の磁性薄膜 8 9 を形成して完成する（同図（d））。このようにして作製されたインダクタの特性を表 1 に示す。

【0 0 0 6】

【表 1】

従来の薄膜インダクタの特性（ $4\text{mm}\square$ 、16 ターン）

動作条件	周波数 3 MHz、駆動電流 0.35 A
インダクタンス値 L (μH)	0.95
直流抵抗 R d c (Ω)	0.8
交流抵抗 R a c (Ω)	5.38

【0 0 0 7】

この表において、インダクタンス値 L は大きい程、直流抵抗 R d c と交流抵抗 R a c は小さい程、インダクタの特性が優れている。

【0 0 0 8】

ところで、磁性薄膜の製造方法として、前記の焼結や圧延を用いた場合は、 1000°C 程度の高温処理が必要となるため、IC（集積回路）などが作り込まれた半導体基板上に磁性薄膜を形成することは困難である。また、メッキを用いた場合は、常温処理での製造が可能であるが、磁性薄膜の膜厚の制御が困難なために、良好な磁気特性を得ることは困難である。また、前記したスパッタ法は、極めて一般的に採用されている方法であるが、製造工程が複雑であり、また量産性に乏しい。従って、この磁性薄膜を用いた磁気部品の製造コストも高くなる。また、スパッタ法では成長速度が遅いために、厚膜化は困難である。

【0 0 0 9】

具体的には、Co 系のアモルファス磁性薄膜をスパッタで形成した場合、堆積速度が遅く（ $\sim 2\ \mu\text{m}/\text{h}$ ）量産性を考慮するとそれらの膜厚は $9\ \mu\text{m}$ が限界で

あり、現状この厚さで実用化している。尚、量産性を無視してもこれ以上厚くすると膜応力による割れ欠けが生じる。

このスパッタ法での磁性薄膜形成の従来技術の一つに、磁性金属 (Fe, Co, FePt など) と酸化物生成熱の大きな酸化物 (Al_2O_3 など) とを同時にスパッタ蒸着し、磁性金属グラニューールとそれを取り囲む絶縁性非金属の粒塊からなる構造を有する磁性薄膜の形成技術が知られている (H.Fujimori: Scripta Metallurgica et Materialia, 33, 1625(1995), S.Ohnuma, et al. : J.Appl.Phys., 79, 5130(1996), 小林伸聖ほか : 日本応用磁気学会誌, 20, 469(1996), S.Ohnuma, et al. : J.Appl.Phys., 85, 4574(1999) など)。

【 0 0 1 0 】

この磁性薄膜は、金属-非金属グラニューール膜と言われ、通常の磁性薄膜に比べて大きな電気抵抗を有し、且つ、高周波帯域において優れた軟磁気特性を示すことが知られている。ここで、金属-非金属グラニューール膜とは、非金属膜 (酸化膜などの絶縁膜) で被覆された金属粒 (Fe などの磁性粒) である磁性金属グラニューールが樹脂などに分散した膜や、この磁性金属グラニューールが凝集した膜のことを言う。

【 0 0 1 1 】

しかし、このようにして形成された磁性薄膜の場合も、スパッタ法を用いているために、製造コストが高く、厚膜化は困難である。

【 0 0 1 2 】

また、従来のトランスの磁心は磁性材料の焼結、圧延、めっき、スパッタなどの手法で製造されるのが一般的であった。焼結や圧延では $1000^{\circ}C$ 程度の高温処理でバルキーなものに成形され、通常このタイプが一般的である。トランスは絶縁型のスイッチング電源部品として必須であるが、近年の小型、薄型、軽量化の要求があり、その要求に応える上で従来のバルキーなトランスが大きなネックとなっている。最近になって、これらバルキーなものに代わって、薄膜コイルを磁性薄膜でサンドイッチした薄膜トランスが提案されてきている。図 16 は、シリコン基板上に作成した厚さ $100\mu m$ の薄膜トランスの平面図 (a) および A-A' 部の断面図 (b) であって、銅からなる平面スパイラルコイル (厚さ 30

μm 、幅 $90\mu\text{m}$ 、間隔 $5\mu\text{m}$) の 1 次側、2 次側をスパッタ法で成膜された Co 系アモルファス磁性薄膜 (厚さ $9\mu\text{m}$) でサンドイッチした構造となっている (図では簡便のため 2 ターンのコイルとしたが、実際は 16 ターンで用いられる)。図 17 に従来のフロー図を示す。半導体素子が作り込まれたシリコン基板 171 に、非感光性ポリイミド 172 (厚さ $5\mu\text{m}$) を塗布・ベークした後、スパッタ法で CoHfTaPd 膜 173 (厚さ $9\mu\text{m}$) を形成する (図 17 a)。次に再度非感光性ポリイミド 174 (厚さ $5\mu\text{m}$) を塗布・ベークし、Ti/Au 膜 175 ($=0.5/0.1\mu\text{m}$) をスパッタ法で形成、パターニングを行ってめっきマスク (感光性ポリイミド) 176 (厚さ $30\mu\text{m}$) を形成し、Cuめっきして 1 次側コイル 177 を形成する (図 17 c)。その後、図 17 b の工程を繰り返して非感光性ポリイミド 178 (厚さ $5\mu\text{m}$)、Ti/Au ($=0.5/0.1\mu\text{m}$) のめっき電極層 179 を形成する (図 17 d)。さらに、図 17 c の工程を繰り返してめっきマスク (感光性ポリイミド) 180 (厚さ $5\mu\text{m}$) を塗布・ベークした後、非感光性ポリイミド膜 182 を形成し、同様に 2 次側コイル 181 を設け、スパッタ法で CoHfTaPd 膜 183 (厚さ $9\mu\text{m}$) を形成して完成する (図 17 e)。なお、コイルとの電氣的接続部は省略したが、コンタクト部が形成されたものとなっている。便宜的に、1 次コイルと 2 次コイルのターン数は等しいものとして図示したが、入出力電圧比を変える場合にはターン数を変えて同様に形成できる。しかるに、従来のこの構図では磁性薄膜間距離が大きくなるため (図では $75\mu\text{m}$)、漏れ磁束が大きくなり、1 次-2 次コイル間の鎖交磁束が減るため、その間の磁氣的結合が弱まり 1 次側の出力が効率よく 2 次側に伝送されないという欠点があった。そのため、従来のこの構造のトランスは変換効率が低いのが一般的であった。

【0013】

また、従来、導線としてはエナメルで被覆されたエナメル線などが知られている。このような被覆線は導体どうしの接触があっても電氣的絶縁が保たれるように、絶縁材料で被覆されているのが一般的である。しかし、近年の電子部品の小型化、高密度実装化に伴い、電磁干渉の問題が発生してきている。従来の被覆導線は単に電氣的絶縁を目的にしているため、導線を通る電流が作る磁界による

相互干渉はさけられない。従って、この電磁シールドの役目を果たす膜で導線が被覆されていればこのような問題は回避できる。

【0014】

また、DC-DCコンバータ等の電力変換装置は、通常スイッチング素子、整流素子、コンデンサ、制御用ICおよび磁気誘導部品であるコイル、トランス等の個別部品をセラミクスやプラスチック等のプリント基板上にハイブリッドで形成する電源モジュールがある。ハイブリッド型電源モジュールの小型化は、MCM（マルチチップモジュール）等の技術により進歩してきている。しかしながらコイル、トランス等の磁気誘導部品は小型化が困難であり、その占める体積が大きいため、電源モジュールの縮小化が制限されているが、近年半導体技術の適用により、半導体基板上に薄型のマイクロ磁気素子（コイル、トランス）を搭載した例も報告されている。例えば、特願平8-149626号には、平面型磁気誘導部品が開示されている。しかし、半導体集積回路を作り込んだ基板上に薄膜技術による平面型磁気誘導部品を形成することは工程が複雑化し長くなる点で問題があった。また、平面型磁気誘導部品を薄膜プロセスで形成した場合、熱処理により磁性体薄膜や絶縁性充填材が収縮し、そのストレスで基板に反りが生じ加工が困難になるという問題がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

この発明の目的は、量産性に優れ、簡便に製造でき、厚膜化が可能で、軟磁気特性を有する安価な磁性薄膜とそれを用いた磁気部品およびそれらの製造方法および電力変換装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

前記の目的を達成するために、つぎに述べる内容を実施する。

- 1) 樹脂が、磁性を有する微粒子を分散して含有している磁性薄膜とする。
- 2) 磁性を有する微粒子が、Fe、Ni、Co、MnおよびCrから選択された少なくとも1つの金属元素を含むものからなる1)項の磁性薄膜とする。
- 3) 1)項または2)項において、前記樹脂が、非感光性樹脂もしくは感光性

樹脂である磁性薄膜とする。

4) 1) 項ないし 3) 項のいずれかにおいて、前記樹脂が、有機磁性ポリマーである磁性薄膜とする。

5) 4) 項において、有機磁性ポリマーが、交差共役ポリカルベンあるいはポリアセチレン及びポリジアセチレンを主鎖とする共役系ポリマーからなる磁性薄膜とする。

6) 薄膜が、磁性を有する微粒子で構成され、該微粒子同士が互いに接するように集合している磁性薄膜とする。

7) 前記微粒子が、磁性粒子およびその周囲被覆する絶縁膜からなることを特徴とする 1) 項ないし 6) 項のいずれかに記載の磁性薄膜とする。

8) 磁性を有する微粒子を媒質に分散させる工程と、該媒質を絶縁膜上に塗布する工程と、該媒質を熱処理し、固化する工程を含む磁性薄膜の製造方法とする。

9) 8) 項において、前記媒質が、非感光性樹脂溶液もしくは感光性樹脂溶液である製造方法とする。

10) 磁性を有する微粒子を媒質に分散させる工程と、該媒質を絶縁膜上に塗布する工程と、該媒質を熱処理し、蒸発させ、該媒質を除去する工程を含む磁性薄膜の製造方法とする。

11) 10) 項において、前記媒質が、トルエンである製造方法とする。

12) 1) ないし 5) 項のいずれかに記載の磁性薄膜を第 1 および第 2 磁性薄膜とし、絶縁膜を介して半導体基板上に形成された第 1 磁性薄膜と、該第 1 磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に充填された第 2 樹脂と、前記薄膜導体上と前記第 2 樹脂上に形成された第 2 磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品とする。

13) 前記第 2 樹脂が、1) 項ないし 5) 項のいずれかに記載の磁性薄膜である磁気部品とする。

14) 6) 項の磁性薄膜を第 3 および第 4 磁性薄膜とし、絶縁膜を介して半導体基板上に形成された第 3 磁性薄膜と、該第 3 磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に形成された第 3 磁性薄膜と、前

記薄膜導体上と第 3 磁性薄膜上に形成された第 4 磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品とする。

1 5) 1) 項ないし 5) 項のいずれかに記載の磁性薄膜を第 1 および第 2 磁性薄膜とし、該第 1 磁性薄膜を絶縁膜を介して半導体基板上に形成する工程と、該第 1 磁性薄膜上に渦巻き状の薄膜導体を形成する工程と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に第 2 樹脂を充填する工程と、前記薄膜導体上と前記第 2 樹脂上に第 2 磁性薄膜を形成する工程とを含むことを特徴とする磁気部品の製造方法とする。

1 6) 前記第 2 樹脂が、1) 項ないし 5) 項のいずれかに記載の磁性薄膜である製造方法とする。

1 7) 6) 項の磁性薄膜を第 3 および第 4 磁性薄膜とし、該第 3 磁性薄膜を絶縁膜を介して半導体基板上に形成する工程と、該第 3 磁性薄膜上に渦巻き状の薄膜導体を形成する工程と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に第 3 磁性薄膜を形成する工程と、前記薄膜導体上と前記第 3 薄膜上に第 4 磁性薄膜を形成する工程とを含むことを特徴とする磁気部品の製造方法とする。

1 8) 1) 項ないし 5) 項のいずれかに記載の磁性薄膜を第 1 および第 2 磁性薄膜とし、絶縁膜を介して絶縁基板上に形成された第 1 磁性薄膜と、該第 1 磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に充填された第 2 樹脂と、前記薄膜導体上と前記第 2 樹脂上に形成された第 2 磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品とする。

1 9) 前記第 2 樹脂が、1) 項ないし 5) 項のいずれかに記載の磁性薄膜である磁気部品とする。

2 0) 6) 項に記載の磁性薄膜を第 3 および第 4 磁性薄膜とし、絶縁膜を介して絶縁基板上に形成された第 3 磁性薄膜と、該第 3 磁性薄膜上に渦巻き状に形成された薄膜導体と、該渦巻き状の薄膜導体間の隙間に形成された第 3 磁性薄膜と、前記薄膜導体上と第 3 磁性薄膜上に形成された第 4 磁性薄膜と、を有することを特徴とする磁気部品とする。

2 1) 磁気部品が、トランスである 1 2) 項ないし 1 4) 項のいずれかに記載の磁気部品とする。

2 2) 磁気部品が、電力変換装置である 1 2) 項ないし 1 4) 項のいずれかに

記載の磁気部品とする。

23) 1) 項ないし7) 項のいずれかに記載の磁性薄膜で被覆されていることを特徴とする導線とする。

24) 23) 項の導線を巻線として用いた磁気部品とする。

25) 23) 項に記載の導線に磁気センサを付設した電流センサとする。

26) 前記第1磁性薄膜と前記薄膜導体および前記第2樹脂との間および該薄膜導体および該第2樹脂と前記第2磁性薄膜との間に絶縁膜を有することを特徴とする12) 項ないし14) 項のいずれかに記載の磁気部品とする。

27) 前記薄膜導体および前記第2樹脂は、絶縁膜を介して二層形成されたことを特徴とする12) 項ないし14) 項のいずれかに記載の磁気部品とする。

28) 1) 項ないし7) 項のいずれかに記載の磁性薄膜が半導体集積回路基板上に絶縁膜を介して形成され、該磁性薄膜上に渦巻状に形成された薄膜導体と、該渦巻状の薄膜導体間の隙間に充填された第2樹脂とを有する磁気部品を、配線基板上に搭載し、磁性を有する微粒子を分散して含有している樹脂により樹脂封止されたことを特徴とする電力変換装置とする。

29) 1) 項ないし7) 項のいずれかに記載の磁性薄膜が半導体集積回路基板上に絶縁膜を介して形成され、該磁性膜上に渦巻状に形成された薄膜導体と、該渦巻状の薄膜導体間の隙間に充填された第2樹脂とを有する磁気部品を、リードフレームに搭載し、金属細線により磁気部品と接続されたリード端子と、前記リードフレームと、前記磁気部品とが磁性を有する微粒子を分散して含有する樹脂により樹脂封止されたことを特徴とする電力変換装置とする。

30) 前記薄膜導体および前記第2樹脂は、絶縁膜を介して二層形成されたことを特徴とする28) 項または29) 項に記載の電力変換装置とする。

31) 前記薄膜導体および前記第2樹脂の上に絶縁膜が形成されたことを特徴とする28) 項または29) 項に記載の電力変換装置とする。

【0017】

前記に示すように、磁性材料からなる微粒子を樹脂や溶剤などの媒質に分散し、この媒質を塗布し、乾燥し、焼成するという簡便な方法をとることにより、量産性に優れ、簡便に製造でき、厚膜化が可能で、軟磁気特性を有する磁性薄膜を

安価に製造できる。また、この磁性薄膜を用いた磁気部品および電力変換装置も安価に製造することができる。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施の形態】

図 1 2 は、この発明の磁性薄膜の第 1 の概念図である。磁性薄膜 2 0 は、Fe など磁性材料からなる、絶縁膜 2 3 で被覆された磁性微粒子（磁性粒 2 2）を例えば樹脂 2 1 などの媒質に分散し、この媒質を例えば半導体基板上や絶縁基板上に塗布し、乾燥させ、焼成するという塗布法を用いて形成した膜である。従って、この膜は磁性粒 2 2 を樹脂 2 1 が包んだ細胞構造の集合体からできている。また、磁性薄膜 2 0 の磁気特性は樹脂 2 1 に分散し、または凝集した磁性粒 2 2 の物理定数でほぼ決定され、その電気抵抗は、磁性粒 2 2 を取り巻く絶縁膜 2 3 と樹脂 2 1 の電気抵抗でほぼ決まる。そのため、この磁性薄膜 2 0 の電気抵抗は、絶縁膜 2 3 と樹脂 2 1 を合わせた抵抗となり高抵抗になる。

【 0 0 1 9 】

この磁性粒 2 2 を有する前述の細胞は、小さな磁界で容易に 1 方向に並んだり、ばらけたりする。その結果、保持力の小さな磁性薄膜 2 0 が得られる。また、磁束密度は、磁性材料で基本値が与えられ、上記細胞密度にほぼ比例して、磁束密度を高めることができる。

前記のように、スパッタ法を用いず塗布法を用いることで、磁性薄膜 2 0 の薄膜化が容易であると同時に下地の凹凸に関係なく表面平坦な磁性薄膜 2 0 の形成ができる。

【 0 0 2 0 】

また、この磁性薄膜 2 0 は、前記した金属-非金属グラニュー膜であり、通常の磁性材料で全体が形成される磁性薄膜に比べて、磁性粒 2 2 が絶縁物に取り囲まれているために、大きな電気抵抗を有し、かつ、高周波帯域において優れた軟磁気特性を示す。

前記の磁性薄膜 2 0 についてさらに説明する。直径数 1 0 n m 程度の磁性材料粉をポリイミドなどの樹脂に分散したものを回転塗布してベーク（焼成）し、溶剤成分を除去して膜状のものとする方法である。直径数 1 0 n m 程度の磁性粉体

の 1 個 1 個が樹脂 2 1 で取り囲まれており、それらが分散し、または集合して膜を形成している。

【 0 0 2 1 】

上記磁性材料粉は必ずしもポリイミドなどのような粘度の高い樹脂に分散される必要はない。溶剤に分散された状態で塗布され、その溶剤を蒸発させて最終的に磁性材料粉が凝集した状態（図 1 3）になってもその機能は十分果たせる。また、磁性材料粉が、例えば、酸化膜で被覆されている場合は近傍に配置された導体と接触しても電氣的ショートにつながらないので、なお好ましい。尚、図中で 2 6 は磁性薄膜、2 7 は磁性粒、2 8 は酸化膜であり、磁性粒 2 7 は酸化膜 2 8 で F e 微粒子を被覆したものである。

【 0 0 2 2 】

いずれにしろ、樹脂または溶剤からなるものに磁性粉体を分散させて基板に塗布することで磁性粉体が基板上に形成される。基板の形状によってはその磁性粉体が一様な分布を示す層または膜状となる場合もあるし、例えば薄膜コイルの隙間である溝部に充填される場合もある。

つぎに、この磁性薄膜およびその製造方法と、この磁性薄膜を用いた磁気部品およびその製造方法について具体的に説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 は、この発明の第 1 実施例の磁性薄膜の要部断面図である。この磁性薄膜 4 は、数 n m の厚みの薄い酸化膜 3 で F e 微粒子を取り囲んで形成された、2 0 n m の大きさの磁性粒 2 が、ポリイミド膜 1 の中に約 1 0 0 n m 間隔でばらまかれた構造をしている。これは、別の見方をすれば、2 0 n m の磁性粒のまわりを約 1 0 0 n m 厚のポリイミドが取り囲んだもの（前記の細胞）がほぼ均一にポリイミドに配置した構造の磁性薄膜 4 と見なせる。また、この磁性薄膜 4 の厚さ W は、数 μ m から数 1 0 μ m が磁気部品を製作する上で実用的な範囲である。数 μ m 未満では、磁束密度が磁気部品として必要な磁束密度が得にくく、磁性薄膜の厚さ W は、磁気部品としては、数 1 0 μ m もあれば十分磁気特性を得ることができる。

【 0 0 2 4 】

前記の磁性粒の直径 L_1 は 10 nm から 30 nm 程度が実用的な大きさである。この L_1 が 10 nm 未満では、細胞の密度が小さくなり磁束密度が小さく成り過ぎる。また、 30 nm を超えると、均一に細胞をばらまくことが出来ず、薄膜全面で均一な磁気特性を得ることが困難になる。

また、磁性粒間の間隔 L_2 は、 0 nm から数 100 nm がよい。 0 nm とは磁性粒同士が接触した状態であり、数 100 nm を超えると細胞の密度が小さくなり磁束密度が小さく成り過ぎる。

【0025】

図2は、この発明の第2実施例で、第1実施例の磁性薄膜の製造方法である。磁性粒としては Fe の表面を酸化膜が覆った平均粒径 20 nm のものを用いた。

酸化膜部分の容積比は粒全体の容積のほぼ5%程度占めたものである。この磁性粒 100 g をポリイミド 150 g 、トルエン 200 g と混合した。分散が均一となるように混合機で混合した。以下、混合機について説明する。磁性粒、ポリイミド、溶剤からなる溶液が入った試料容器7は、 X 、 Y 、 Z 軸の3方向に配置された3対の電磁コイル8、9、10が配置された中心部にセットされ、各対の電磁コイル8、9、10は 3 kHz の周期で、それぞれ 1 kHz の遅れで順次動作するようになっている。その結果、ポリイミドおよび溶剤である媒質中に分散された磁性粒は、電磁コイル8、9、10がつくる磁場 (48 kA/m) に沿って周期的に順次に X 、 Y 、 Z 方向に移動する。この操作を3時間ほど継続して、分散液6（磁性粒が分散した媒質のこと）が試料容器7の中で出来上がる。この分散液6を例えば、 500 rpm の回転数で6インチφのシリコン基板上に、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 厚に塗布し、 300°C で1時間ほどベークすると、 20 nm の磁性粒のまわりを約 100 nm 厚のポリイミドが取り囲んだものがほぼ均一に配置した構造の磁性薄膜が形成される。また、媒質がトルエン溶液のみの場合は 20 nm の磁性粒が酸化膜を介して接触した構造（図13）となる。

【0026】

尚、ここで示した分散液の製造方法は一例であり、前記の X 、 Y 、 Z 方向をさらに細分化しても勿論よい。

このように、磁性薄膜4が基板上に簡単に形成できる。つまり、この磁性薄膜

4 は、量産性に優れ、厚膜化が可能であり、工程が単純であるため、低コストで形成できる。また、この磁性薄膜 4 は金属-非金属グラニューラー膜であるため、軟磁気特性を有する。

【 0 0 2 7 】

つぎに、この磁性薄膜 4 を用いた磁気部品の一つである薄膜インダクタの実施例とその製造方法の実施例について説明する。

図 3 は、この発明の第 3 実施例で、第 1 実施例の磁性薄膜を適用した薄膜インダクタの断面図である。この実施例は、I C やパワースイッチング素子などが形成された半導体基板（シリコン基板）上に、パワースイッチング素子などと接続する薄膜インダクタについての実施例である。

【 0 0 2 8 】

シリコン基板 3 1 上に、ポリイミド膜 3 2 が $10\mu\text{m}$ 厚で形成され、その上に図 1 の F e 微粒子を含んだポリイミド膜からなる $20\mu\text{m}$ 厚の磁性薄膜 3 3 が形成される。その上に $10\mu\text{m}$ 厚のポリイミド膜 3 4 が形成され、このポリイミド膜 3 4 上にパターニングされた T i / A u 膜 4 1 と T i / A u の接続導体 3 9 が形成される。その上に高さ $35\mu\text{m}$ 、幅 $90\mu\text{m}$ 、スペース $25\mu\text{m}$ の C u コイル 3 5 と C u コイル 3 5 間のスペースを充填したポリイミド層 3 6 が形成される。その上に $10\mu\text{m}$ 厚のポリイミド膜 3 7 を介して、図 1 の F e 微粒子を含んだポリイミド膜である $20\mu\text{m}$ 厚の磁性薄膜 3 8 が形成される。この構造の磁性薄膜 3 3 と 3 8 は図 1 2 または図 1 3 の磁性薄膜である。この薄膜インダクタは 4mm □ で C u コイル 3 5 は、ターン数 1 6 の正方形スパイラルとなっている。表 2 はこの発明の方法を適用した場合の薄膜インダクタ特性である。

【 0 0 2 9 】

【表 2】

第 1 実施例の薄膜インダクタの特性 (4 mm□、16 ターン)

動作条件	周波数 3 MHz、駆動電流 0.35 A
インダクタンス値 L (μ H)	0.95
直流抵抗 R _{dc} (Ω)	0.8
交流抵抗 R _{ac} (Ω)	3.38

【0030】

従来の Co 系アモルファス磁性膜の特性 (表 1) に比べ、電気抵抗が高くなっているために、渦電流が流れにくく、交流抵抗の内、渦電流に起因した抵抗分だけ低下する。その結果、交流抵抗が小さくなる。

【0031】

図 4 は、この発明の第 4 実施例で、第 3 実施例の薄膜インダクタの製造方法を示し、同図 (a) から同図 (c) は工程順に示した製造工程断面図である。

シリコン基板 31 上にポリイミド膜 32 が 10 μ m 厚形成され、その上に 20 μ m 厚の磁性層 33 が形成された後、シリコン基板 31 に達する開口部 40 を設ける (同図 (a))。つぎに、その上の 10 μ m 厚のポリイミド膜 34 を形成して前記開口部 40 に繋がる開口部を設けた後、Cu コイル 35 をメッキで形成するための下地金属 (Ti/Au 膜 41) とシリコン基板 31 と Cu コイル 35 を接続する接続導体 39 (Ti/Au) をスパッタ蒸着し、パターニングし、メッキマスクとなるポリイミド 36 を形成する (同図 (b))。その後、上記ポリイミド 36 をマスクとして、高さ 35 μ m、幅 90 μ m、スペース 25 μ m の Cu コイル 35 を形成し、この Cu コイル 35 と Cu コイル 35 間の隙間を充填したマスクとなったポリイミド層 36 との上に、10 μ m 厚のポリイミド膜 37 を形成し、その上に 20 μ m 厚の磁性層 38 を形成して薄膜インダクタは完成する (同図 (c))。

【0032】

図 5 は、この発明の第 5 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。この実施例と第 3 実施例との異なる点は、メッキマスク 65 が、図 12 のように磁性粒

を分散させた感光性ポリイミド膜であるという点である。結果的にC u コイル 6 6 をこの磁性媒体（磁性粒を分散させた感光性ポリイミド膜のこと）で取り囲む構造（第 3 実施例ではC u コイル 3 5 の上下に配置されるだけであって、側面では漏れ磁束が発生している）となっており、漏れ磁束が少なく、より高いインダクタンス値と交流損失の少ない特性（交流抵抗が小さい特性）をもった薄膜インダクタが得られるという特長がある。

【 0 0 3 3 】

半導体素子が作り込まれたシリコン基板 6 1 上にポリイミド膜 6 2 を形成し、このポリイミド膜 6 2 上に非感光性ポリイミド膜中に酸化物で表面が覆われた粒径 2 0 n m の F e 粒子が分散された厚さ 2 0 μ m の磁性薄膜 6 3 を形成し、その上に T i / A u 膜 6 4 であるメッキ電極と T i / A u の接続導体 6 9 を形成し、通常の感光性ポリイミド膜に代えた、磁性粒が分散した磁性薄膜をパターンニングし、これをめっきマスク 6 5 として、厚さ 3 0 μ m、ターン数 1 6 の C u コイル 6 6 をメッキで形成し、その上に、再度、非感光性ポリイミド中に酸化物で表面が覆われた粒径 2 0 n m の F e 粒子が分散された厚さ 2 0 μ m の磁性薄膜 6 8 を形成して完成する。このようにして得られた薄膜インダクタは、C u コイル 6 6 の外部がすべて磁性粒が分散された樹脂（磁性薄膜）で覆われるので、C u コイル 6 6 を流れる電流が作る磁束が密に結合するため、従来のもや、第 1 実施例のものに比べて、インダクタンス値が大きく、漏れ磁束が小さいことに起因して交流抵抗も小さくなることが表 3 の結果からも示された。

【 0 0 3 4 】

【表 3】

第 2 実施例の薄膜インダクタの特性（4 m m □、1 6 ターン）

動作条件	周波数 3 M H z、駆動電流 0. 3 5 A
インダクタンス値 L (μ H)	1. 1 5
直流抵抗 R d c (Ω)	0. 8
交流抵抗 R a c (Ω)	2. 3 8

【 0 0 3 5 】

図 6 は、この発明の第 6 実施例で、第 5 実施例の薄膜インダクタの製造方法を示し、同図 (a) から同図 (c) は工程順に示した製造工程断面図である。

半導体素子が作り込まれたシリコン基板 6 1 上にポリイミド膜 6 2 を形成し、ポリイミド膜 6 2 上に、第 4 実施例と同様に非感光性ポリイミド中に酸化物で表面が覆われた粒径 2 0 n m の F e 粒子が分散されたものを 5 0 0 r p m の回転数で回転塗布・ベークし、厚さ 2 0 μ m の磁性薄膜 6 3 を形成し、その上に従来技術と同様にして、T i / A u 膜 6 4 のメッキ電極と T i / A u の接続導体 6 9 を形成する (同図 (a))。つぎに、磁性粒を分散させた感光性ポリイミドを 2 0 0 r p m の回転数で回転塗布・ベークし、露光・現像して厚さ 3 0 μ m のメッキマスク 6 5 を形成し、従来と同様に厚さ 3 0 μ m、ターン数 1 6 の C u コイル 6 6 を形成した (同図 (b))。その上に、再度、非感光性ポリイミド中に酸化物で表面が覆われた粒径 2 0 n m の F e 粒子が分散されたものを 5 0 0 r p m の回転数で回転塗布・ベークし、厚さ 2 0 μ m の磁性薄膜 6 8 を形成して完成する (同図 (c))。

【 0 0 3 6 】

図 7 は、この発明の第 7 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。

半導体素子が作り込まれたシリコン基板 7 1 上にポリイミド膜 7 2 を形成し、このポリイミド膜 7 2 上に、酸化膜で覆われた平均粒径 2 0 n m の F e 微粒子が図 1 3 のように凝集した 1 0 μ m 厚の磁性薄膜 7 3 を形成し、その上に T i / A u 膜 7 4 のメッキ電極とシリコン基板 7 1 と接続する T i / C u の接続導体 7 9 を形成し、その上に厚さ 3 0 μ m の 1 6 ターンの C u コイル 7 6 を形成する。C u コイル 7 6 間及びその上に F e 微粒子が凝集した磁性薄膜 7 8 を形成し薄膜インダクタが完成する。第 3 および第 5 の実施例に比べて樹脂がない分磁氣的結合が強い (但し、表面が酸化物で覆われた微粒子が凝集したもののなので電氣的には絶縁状態にある) ため、第 3 および第 5 実施例の薄膜インダクタに比べ、表 4 に示すように、インダクタンス値が高く、交流抵抗が小さな薄膜インダクタが得られた。

【 0 0 3 7 】

【表 4】

第 3 実施例の薄膜インダクタの特性 (4mm□、16ターン)

動作条件	周波数 3MHz、駆動電流 0.35A
インダクタンス値 L (μ H)	2.15
直流抵抗 R _{dc} (Ω)	0.8
交流抵抗 R _{ac} (Ω)	1.38

【0038】

図 8 は、この発明の第 8 実施例で、第 7 実施例の薄膜インダクタの製造方法を示し、同図 (a) から同図 (c) は工程順に示した製造工程断面図である。

半導体素子が作り込まれたシリコン基板 71 上に酸化膜で覆われた平均粒径 20nm の Fe 微粒子を含むトルエン溶媒をはけで塗り、100℃ (3分) の乾燥で溶媒を飛ばした後、250℃ (15分) の焼成で厚さ 10 μ m の磁性粒が図 13 のように凝縮した磁性薄膜 73 を形成する (同図 (a))。その上に Ti/Au 膜 74 のメッキ電極の形成とメッキマスク 75 の形成を行い、Cu メッキを施して、厚さ 30 μ m の 16 ターン Cu コイル 76 を形成する (同図 (b))。その後でメッキマスクを酸素プラズマに晒して灰化し、除去する (溶剤で除去してもよい)。つぎに、初めと同様の方法で Fe 微粒子を含むトルエン溶媒をはけ塗り、乾燥、焼成することにより、Cu コイル間及びその上に Fe 微粒子が凝集した磁性薄膜 78 が形成されて完成する (同図 (c))。

【0039】

前記のようにすることで、導体コイルと磁性薄膜からなる小型・薄型のリアクトルやトランスなどの電源部品の磁性薄膜部分を、磁性微粒子を分散させた樹脂や溶剤の塗布・乾燥・焼成という簡単な工程で製造できる。また形成された磁性薄膜の電気抵抗が高いものが実現できるため、リアクトルやトランスなどの磁気部品の製造コストの低減と損失低減を同時に図れる。

【0040】

図 9 は、この発明の第 9 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。第 6 実施例と異なる点は、薄膜インダクタを半導体基板上ではなく絶縁基板 31a 上に

形成したことである。

【 0 0 4 1 】

図 1 0 は、この発明の第 1 0 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。第 7 実施例と異なる点は、薄膜インダクタを半導体基板上ではなく絶縁基板 6 1 a 上に形成したことである。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 は、この発明の第 1 1 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。第 8 実施例と異なる点は、薄膜インダクタを半導体基板上ではなく絶縁基板 7 1 a 上に形成したことである。

これらの実施例の薄膜インダクタの特性は、前記の実施例の場合と同じである。

【 0 0 4 3 】

図 1 8 は、この発明の第 1 2 実施例の薄膜トランスの一例の断面図である。シリコン基板 1 8 4 上に形成された高さ $31\mu\text{m}$ 、幅 $90\mu\text{m}$ 、スペース $25\mu\text{m}$ の 1 次および 2 次 Cu 導体コイル 1 8 5 が、磁性粒が混じったポリイミド樹脂の中に埋め込まれた構造になっている。この薄膜トランスは 4mm 口で Cu 導体コイルはターン数 1 6 の正方形スパイラルとなっている。以下に、上記構造に適用した磁性粒が混じったポリイミド樹脂の形成方法について具体的に述べる。磁性粒としては、Fe の表面を酸化膜が覆った平均粒径 20nm のものを用いた。酸化膜部分の容積比は粒全体の容積の 5 % 以下で占めたものである。この磁性粒の製造方法は、前記の第 2 実施例と同じである。

【 0 0 4 4 】

図 1 9 は、この発明の第 1 3 実施例であり、図 1 8 の薄膜トランスの製造工程フロー図である。結果的にコイル導体をこの磁性媒体で取り囲む構造となっており、漏れ磁束が少なく、1 次と 2 次のコイルの磁氣的結合が密で損失の少ない薄膜トランスが得られるという特長がある。以下、図 1 9 にしたがって工程フローを説明する。半導体素子が作り込まれたシリコン基板 1 9 1 上に非感光性ポリイミド中に酸化物で表面が覆われた粒径 20nm の Fe 粒子が分散されたものを 500rpm の回転数で回転塗布・ベークし、厚さ $5\mu\text{m}$ の磁性樹脂 1 9 2 の薄膜

を形成し、その上に従来技術と同様にしてT i / A u のめっき電極1 9 3 を形成した（図1 9 a）。次に、感光性ポリイミドに変えた磁性粒分散媒を2 0 0 r p m の回転数で回転塗布・ベークし、露光・現像して厚さ3 0 μ m、ターン数1 6 のC u めっきコイル1 9 5 を形成した（図1 9 b）。C u めっきコイル1 9 5 間は、磁性樹脂1 9 4 とした。その上に、再度非感光性ポリイミド中に酸化物で表面が覆われた粒径2 0 n m のF e 粒子が分散されたものを5 0 0 r p m の回転数で回転塗布・ベークし、厚さ5 μ m の磁性樹脂1 9 6 の薄膜を形成した（図1 9 c）。以上の工程を繰り返すことにより、同様にして磁性粒分散媒で取り囲まれた2 次側のコイルを形成し完成した（図1 9 d）。このようにして得られたトランスのC u コイル導体の外部はすべて磁性粒が分散された樹脂で覆われるので、1 次コイル導体および2 次コイル導体を流れる電流が作る磁束が密に結合するため、従来のものに比べて漏れ磁束が小さいことに起因して損失抵抗も小さくなる。

【0 0 4 5】

図2 0 はこの発明の第1 4 実施例である導線の断面図である。直径0. 5 m m の太さの銅線に1 0 0 μ m 厚さの磁性粒を分散させた樹脂を図2 1 に示す装置に充填し、その中を銅線を一定の速度で走らせることによって形成した。なお、磁性粒の製造方法は、前記の第2 実施例と同じである。

図2 2 は、第1 4 実施例で作製した導線をスプリング状に巻いてコイルとした外観図（a 図）及びA - A' 面の部分断面図（b 図）を示したものである。

図2 2 b において、●、○はC u 導線、該C u 導線を囲む外丸2 2 1 は樹脂でコーティングした部分を示す。1 0 ターンのコイルであって、外形寸法は概略直径1 m m、高さ7 m m の円柱状である。断面図（図2 2 b）をコイルを流れる電流がつくる発生磁界という点で眺めると図2 3 のとおりである。図2 3 において、●は手前側から向こう側へ、○は向こう側から手前側に電流が流れている場合を考えると、これらコイルを流れる電流が作る磁界は磁性粉体が含まれた樹脂に取り囲まれた場の中で図に示された矢印の向きの磁界の中にコイルが埋め込まれた状態となっている。コイルを流れる電流がつくる磁束は樹脂中に閉じ込められるため、外部素子との相互電磁干渉はさけられるだけでなく、1 0 ターンの微小

インダクタとしての機能も併せ持つ。

【 0 0 4 6 】

一方で、この素子を図 2 4 のように密着させて、2 個横にならべれば樹脂、電圧比 1 : 1 のトランスになる。電圧比を変えたい場合はターン数の異なるものを密着させればよい。1 次側で発生した磁界は磁性粒を含む樹脂を介して 2 次側に伝達される点では、通常の磁心に巻線したトランスと同じである。この発明の利点は従来重くてバルキーであった磁心を削減してその機能を発揮できる点にある。なお、図中の矢印には磁力線の向きを示した。図 2 5 は図 2 4 の原理を電流検出センサに応用した例である。即ち、主回路導線としてこの発明の被覆導線を用い、その主回路導線の一部（A 部）を図 2 2 のようなとぐろ巻とし、その横に主回路とは別のセンサ部となるべきとぐろ巻の線（この発明の導線からなる）B を一体物として付設した。その結果、主回路を流れる電流の大きさに比例して B の両端に電圧が発生した。即ち、予め校正しておくことで主回路を流れる電流の大きさを、B の両端に発生する電圧で見積もることができ、電流検出センサとして利用できる。なお、前述のとおりこのセンサ部 B は非常に小さなものとすることができるため、小型軽量の要求が満たせるためどんな部分にも付設可能である。

【 0 0 4 7 】

上記のように、この発明の導線は、前記のような相互干渉問題の回避のみならず、積極的、機能的役割も兼ね備えている。具体的には導線を電氣的絶縁性を有する磁性材料で被覆することで、磁気部品としての機能も持たせている。この発明の導線の作用は、次のように例示できる。

① 電気抵抗は磁性微粒子を取り巻く樹脂などで律速されるため、膜自体の抵抗は樹脂と同程度の高抵抗にでき、十分な電気絶縁が確保できると同時に、この皮膜の中に電流磁界を閉じ込めることができるため、近接する導線との電磁干渉を防止できる。

② 従来のエナメル線の形成と同じ手法が使えるため、この発明を実施する上で新規設備は不用でかつ安価に製造できる。

③ エナメル線のような細線であれば巻き、曲げなどにより如何様な形状も容易に作り出せるため、従来のように磁心に導線を巻き付けて磁気部品とするよう

なことをせず、導線のみで磁気部品とすることができる。また、その磁気特性は樹脂に分散された、もしくは凝集された磁性微粒子でほぼ決定できるため所望の磁気部品の製造も容易である。

なお、樹脂としてはポリイミドのほかに、エナメル樹脂、塩化ビニル系樹脂、エポキシ樹脂などが利用可能である。

【 0 0 4 8 】

図 2 6 は、この発明の第 1 5 実施例の電力変換装置の断面図である。図 2 6 において、2 6 1 は半導体集積回路基板、2 6 2 は金属細線、2 6 3 はポリイミド絶縁膜、2 6 4 はコイル導体 (C u)、2 6 6 は下部磁性体膜、2 6 7 はチップコンデンサ、2 6 8 はプリント基板、2 6 9 ははんだボール、2 7 1 は磁性粒を含む封止樹脂である。なお、磁性粒は、前記の第 2 実施例と同様に調製した。

さらに具体的には、半導体集積回路基板 2 6 1 上にポリイミド絶縁膜 2 6 3 を介して常法によりコイル導体 2 6 4 (平面型コイル) をポリイミド絶縁膜 2 6 3 上部まで形成する。次に、ダイシングによりチップに切り出しプリント基板上に実装した状態で、骨子材として通常使用されるシリカを用いずに、前記第 2 実施例で示した磁性粒、あるいは粒径 0. 1 ~ 1 2 0 μ m 程度の磁性粒またはフェライト粉末を 7 5 ~ 8 5 % 含有しているモールド樹脂で B G A 等に用いる片面のトランスファ・モールドにて封止し、磁性粒を含む封止樹脂 2 7 1 を形成する。その後、その他の個別部品をプリント基板上に実装し全体を従来の封止樹脂 2 7 0 にて封止する。

【 0 0 4 9 】

なお、従来技術の磁性粒はシリカに比べて熱膨張係数が 3 倍程度大きいため、シリコン基板に加わる応力が増大し、信頼性また特性へ悪影響を与え、仕様を満足しない機種が発生する可能性があるが、この発明の磁性薄膜を例えば 2 5 ~ 3 0 % 分散して含有させたモールド樹脂を使用すれば、シリコン基板に加わる応力を低減することが可能となる。

【 0 0 5 0 】

図 2 7 は、この発明の第 1 6 実施例の電力変換装置の断面図である。図 2 7 において、符号は図 2 6 と同様であるので、説明は省略する。第 1 6 実施例では、

第 1 5 実施例と同様に平面型コイルをポリイミド絶縁膜 2 6 3 上部まで形成する。ダイシングによりチップに切り出した後、リードフレーム 2 7 2 に固定接続し、金属細線 2 6 2 にてインナリードと結線する。その後、骨子材として通常使用されるシリカを用いずに、粒径 0. 1 ~ 1 2 0 μ m 程度の金属磁性体粉末またはフェライト粉末を 7 5 ~ 8 5 % 含有しているモールド樹脂を用いてトランスファ・モールドにて封止し、DIP・QFP・QFN等のモールドパッケージとする。

【0051】

この発明の第 1 5 実施例および第 1 6 実施例によれば、上部磁性薄膜の堆積およびエッチング加工が不要となり、製造工程の複雑化を回避することが可能となる。また熱処理によって発生する磁性薄膜の収縮による応力も防止できる。また、磁性粒は封止樹脂の骨子材を兼ねても良い。また、上部磁性薄膜を形成しないため、その収縮による基板の反りを低減することが可能となる。従来の構造による発生応力は 5.8×10^6 (dyn/cm) となり、これにより $\phi 6$ インチ (厚さ 6 2 5 μ m) のシリコン基板では約 1 2 0 0 μ m の反りが生じていた。第 1 5 実施例ではシリコン基板の反りを従来の 2 / 3 に低減できる。さらにまた、インダクタ側面が磁性薄膜で覆われるため漏洩磁束が低減できる。

【0052】

また、この発明においては、前記磁性粒を分散させる樹脂として磁性粒間の磁氣的相互作用がなるべく大きく、結果として膜全体の磁気特性が高まるように、磁性を有する有機磁性ポリマーを選定するのが好ましい。そうすることにより、磁性をもたないポリマーに比べて樹脂中に占める磁性粒の密度が低くても、ポリマーを介して磁性粒間の磁氣的相互作用が強まり、所望の磁気特性を持った磁性粒分散樹脂が得られる。

磁性粒の材料粉が例えば磁性酸化物の場合は、近傍に配置された導体と接触しても電氣的ショートにつながらないので、なお好ましい。

【0053】

この発明において好ましい有機磁性ポリマーは、具体的には交差共役ポリカルベンあるいはポリアセチレン及びポリジアセチレンを主鎖とする共役系ポリマー

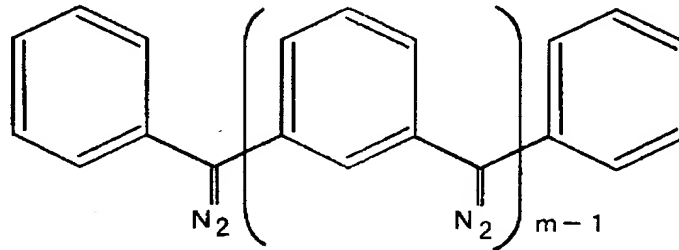
が挙げられる。

交差共役ポリカルベンは、次のようにして得ることができる。

下記一般式に示す先駆体ジアゾ化合物を合成する。

【0054】

【化1】

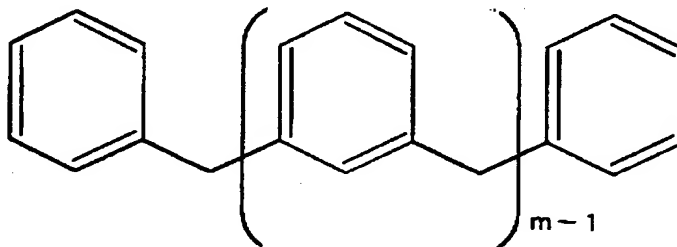


【0055】

次に、このこの先駆体にUV光を照射し、光分解反応を行わしむることによって下記の交差共役ポリカルベンを得る。

【0056】

【化2】



【0057】

上記式中、 \cdot は開殻構造のスピンを持ったラジカル電子を表し、化1において N_2 が光化学反応で解離した結果生じたものであり、これが磁性を示す源となっている。またmは10ないし 10^2 オーダーのものを任意に選択できる。例えば30以下であることができる。

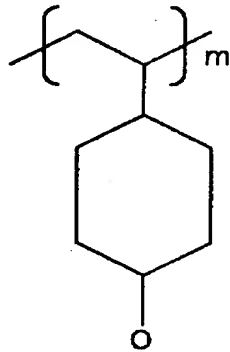
【0058】

この交差共役ポリカルベンを用い、前記第2実施例に示すように磁性薄膜を作

製し分析した結果、20 nmの磁性粒のまわりを概略100 nm厚のポリカルベンが取り囲んだものがほぼ均一に配置した構造になっていた。また、上記では交差共役ポリカルベンを用いたが、下記に示すポリ（p-オキシフェニルアセチレン）を用いることもできる。ポリジアセチレン化合物も有用である。

【0059】

【化3】



【0060】

置換アセチレンの重合にはオレフィンメタセシス触媒（例えば $WC1_6-SnPh_4$ ）およびFurlaniらのRh(I)触媒などが用いられる。

なお、上記磁性有機ポリマーの使用方法はとくに制限されず、例えば常法により磁気部品とすることができる。

【0061】

表5はそれぞれ従来の磁性膜の薄膜インダクタ、この発明で樹脂をポリイミドとしてFeの微粒子を分散させた磁性膜の薄膜インダクタ、樹脂を交差共役ポリカルベンとしてFeの微粒子を分散させた磁性膜の薄膜インダクタ、樹脂として下記で説明するポリ（p-オキシフェニルアセチレン）を用いた場合の特性である。これらの表を比較して明らかなように、従来のものに比べてFeの微粒子を分散させた磁性膜の薄膜インダクタはインダクタンスおよび損失の点で優れた性能を示すが、樹脂がポリイミドのような非磁性体に比べてポリカルベンなどのような磁性体の場合の方がインダクタンス値が高くなっている。これは、Fe微粒子間の磁氣的結合（相互作用）が強まった結果と理解される。

【0062】

【表 5】

従来の薄膜インダクタの特性 (4mm□、16ターン)

動作条件	周波数 3MHz、駆動電流 0.35A
インダクタンス値 L (μ H)	0.95
直流抵抗 R _{dc} (Ω)	0.8
交流抵抗 R _{ac} (Ω)	5.38

樹脂をポリイミドとした場合の薄膜インダクタの特性 (4mm□、16ターン)

動作条件	周波数 3MHz、駆動電流 0.35A
インダクタンス値 L (μ H)	1.15
直流抵抗 R _{dc} (Ω)	0.8
交流抵抗 R _{ac} (Ω)	2.35

樹脂をポリカルベンとした場合の薄膜インダクタの特性 (4mm□、16ターン)

動作条件	周波数 3MHz、駆動電流 0.35A
インダクタンス値 L (μ H)	2.12
直流抵抗 R _{dc} (Ω)	0.8
交流抵抗 R _{ac} (Ω)	2.35

樹脂をポリ (p-オキシフェニルアセチレン) とした場合の薄膜インダクタの特性 (4mm□、16ターン)

動作条件	周波数 3MHz、駆動電流 0.35A
インダクタンス値 L (μ H)	1.62
直流抵抗 R _{dc} (Ω)	0.8
交流抵抗 R _{ac} (Ω)	2.35

【0063】

【発明の効果】

この発明によれば、量産性に優れ、簡便に製造でき、厚膜化が可能で、軟磁気特性を有する安価な磁性薄膜とそれを用いた磁気部品およびそれらの製造方法ならびに電力変換装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の第 1 実施例の磁性薄膜の要部断面図である。

【図 2】

この発明の第 2 実施例で、第 1 実施例の磁性薄膜の製造方法である。

【図 3】

この発明の第 3 実施例で、第 1 実施例の磁性薄膜を適用した薄膜インダクタの断面図である。

【図 4】

この発明の第 4 実施例で、第 3 実施例の薄膜インダクタの製造方法を示し、（a）から（c）は工程順に示した製造工程断面図である。

【図 5】

この発明の第 5 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。

【図 6】

この発明の第 6 実施例で、第 5 実施例の薄膜インダクタの製造方法を示し、（a）から（c）は工程順に示した製造工程断面図である。

【図 7】

この発明の第 7 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。

【図 8】

この発明の第 8 実施例で、第 7 実施例の薄膜インダクタの製造方法を示し、（a）から（c）は工程順に示した製造工程断面図である。

【図 9】

この発明の第 9 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。

【図 1 0】

この発明の第 1 0 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。

【図 1 1】

この発明の第 1 1 実施例の薄膜インダクタの要部断面図である。

【図 1 2】

この発明の磁性薄膜の第 1 の概念図である。

【図 1 3】

この発明の磁性薄膜の第 2 の概念図である。

【図 1 4】

スパッタ法でシリコン基板上に形成された薄膜インダクタの構成図で、（a）は平面図、（b）は（a）の A - A 線で切断した断面図である。

【図 1 5】

スパッタ法で製作した磁性薄膜の製造工程で、(a) から (d) は工程順に示した製造工程断面図である。

【図 1 6】

(a) はシリコン基板上に作成した厚さ $100\mu\text{m}$ の薄膜トランスの平面図、(b) は A-A' 部の断面図である。

【図 1 7】

従来のトランスの製造工程フロー図である。

【図 1 8】

この発明の第 1 2 実施例の薄膜トランスの一例の断面図である。

【図 1 9】

この発明の第 1 3 実施例であり、図 1 8 の薄膜トランスの製造工程フロー図である。

【図 2 0】

この発明の第 1 4 実施例である導線の断面図である。

【図 2 1】

この発明の第 1 4 実施例である導線を製造する装置を説明するための図である。

【図 2 2】

(a) は第 1 4 実施例で作製した導線をスプリング状に巻いてコイルとした外觀図、(B) は A-A' 面の部分断面図である。

【図 2 3】

図 2 2 をコイルを流れる電流がつくる発生磁界を説明するための図である。

【図 2 4】

コイルを密着させた場合を説明するための図である。

【図 2 5】

図 2 4 の原理を電流検出センサに応用した例を説明するための図である。

【図 2 6】

この発明の第 1 5 実施例の電力変換装置の断面図である。

【図 2 7】

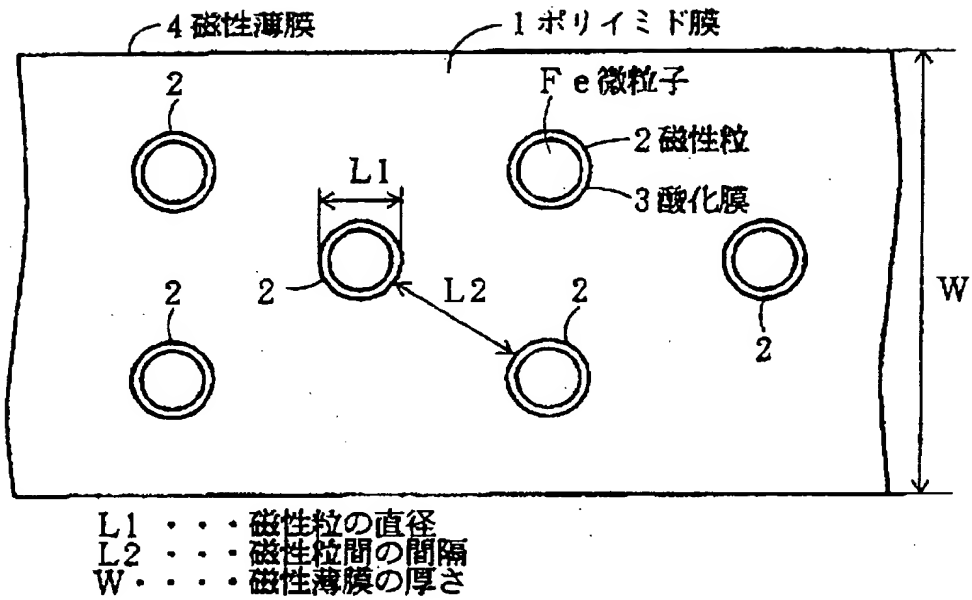
この発明の第 1 6 実施例の電力変換装置の断面図である。

【符号の説明】

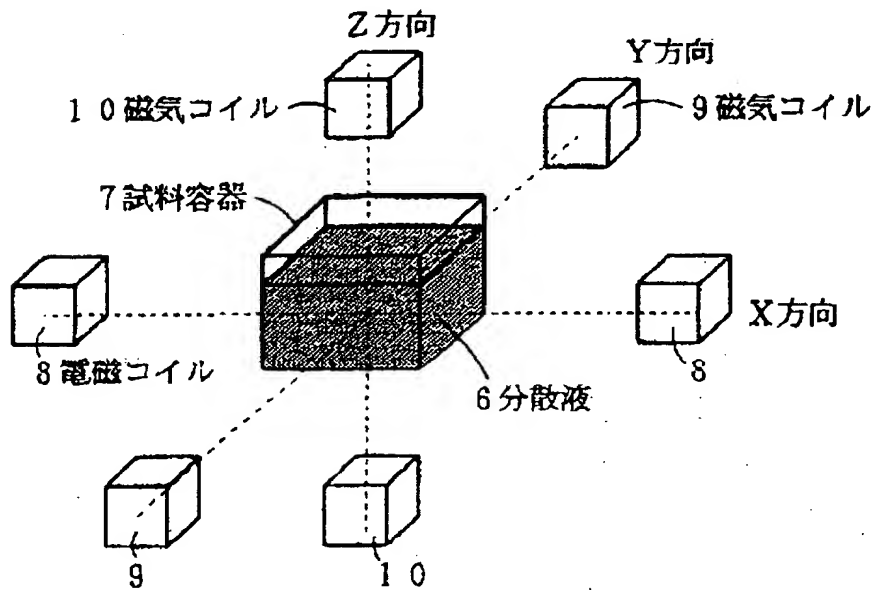
- 1、3 2、3 4、3 6、3 7、6 2、7 2 ポリイミド膜
- 2、2 2、2 7 磁性粒
- 3、2 3、2 8 酸化膜
- 4、2 0、2 6、3 3、3 8、6 3、6 8、7 3、7 8 磁性薄膜
- 6 分散液
- 7 試料容器
- 8、9、1 0 電磁コイル
- 3 1、6 1、7 1、1 7 1、1 8 4、1 9 1 シリコン基板
- 3 1 a、6 1 a、7 1 a 絶縁基板
- 3 5、6 6、7 6 C u コイル
- 3 9、6 9、7 9 接続導体
- 4 0 開口部
- 4 1、6 4、7 4、1 7 5、1 7 9 T i / A u 膜
- 6 5、7 5 メッキマスク

【書類名】 図面

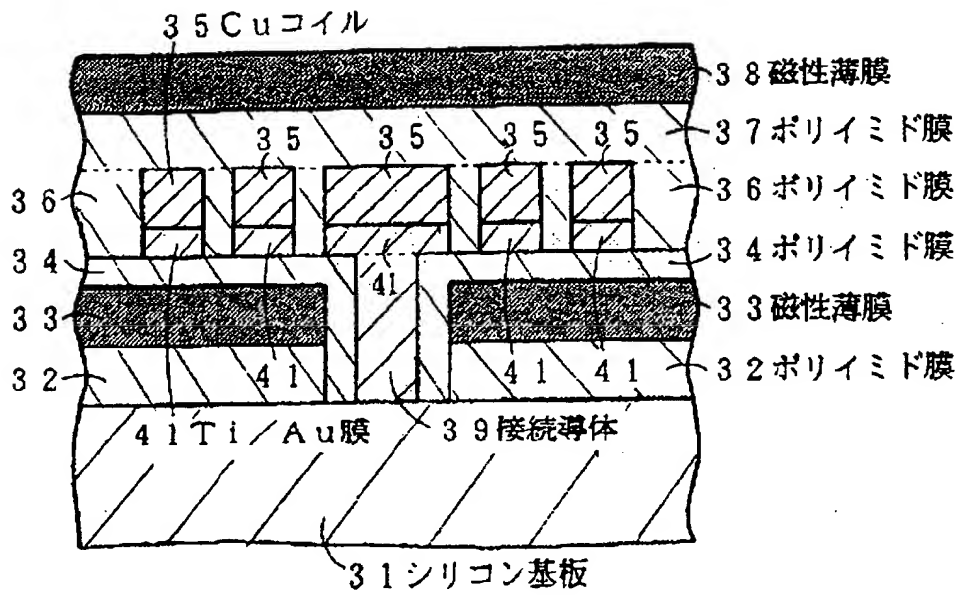
【図 1】



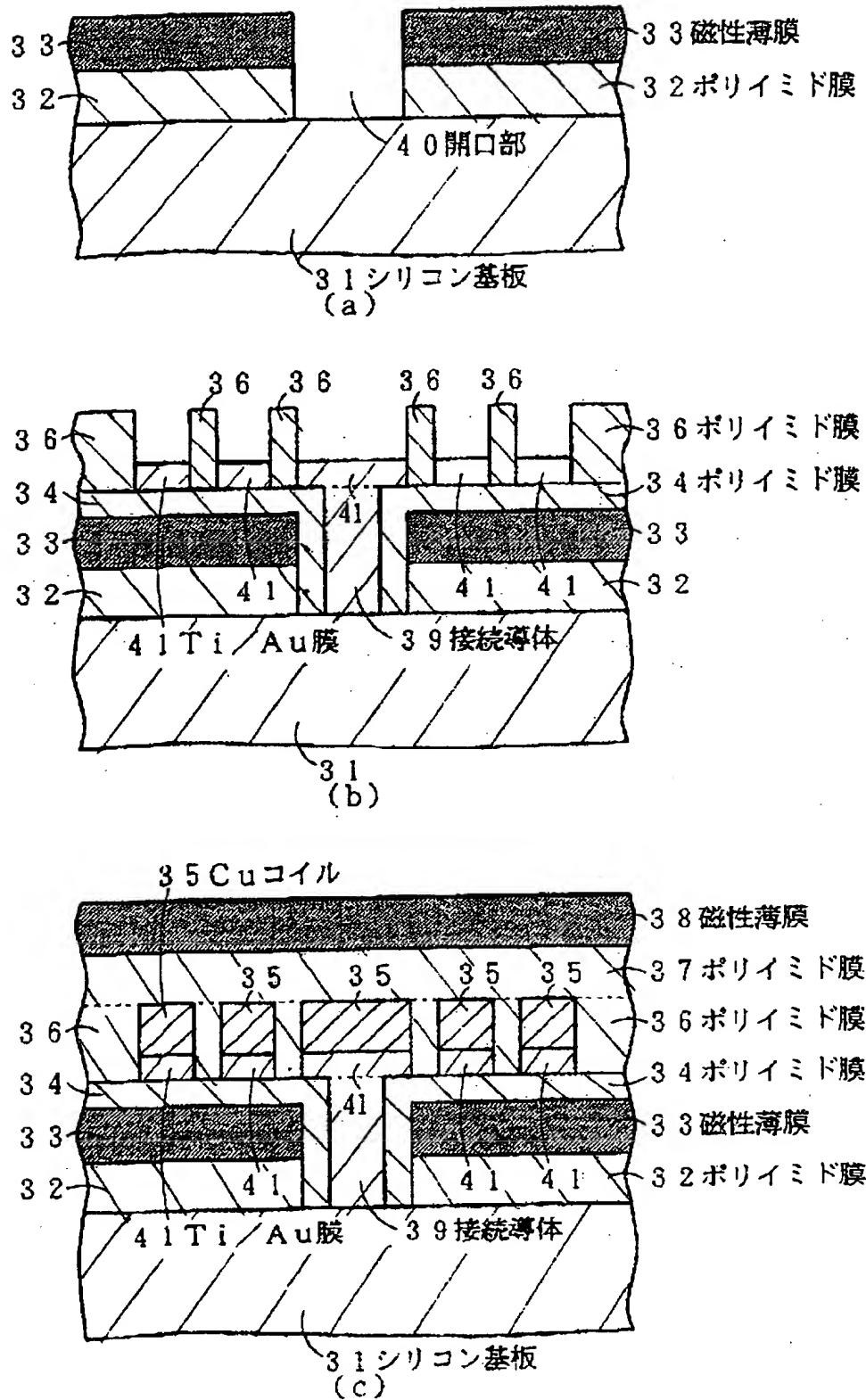
【図 2】



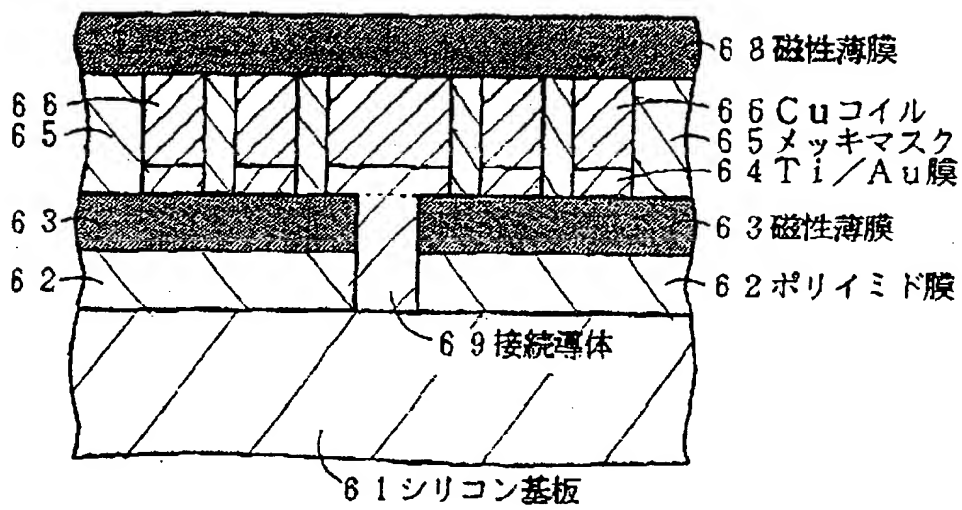
【図 3】



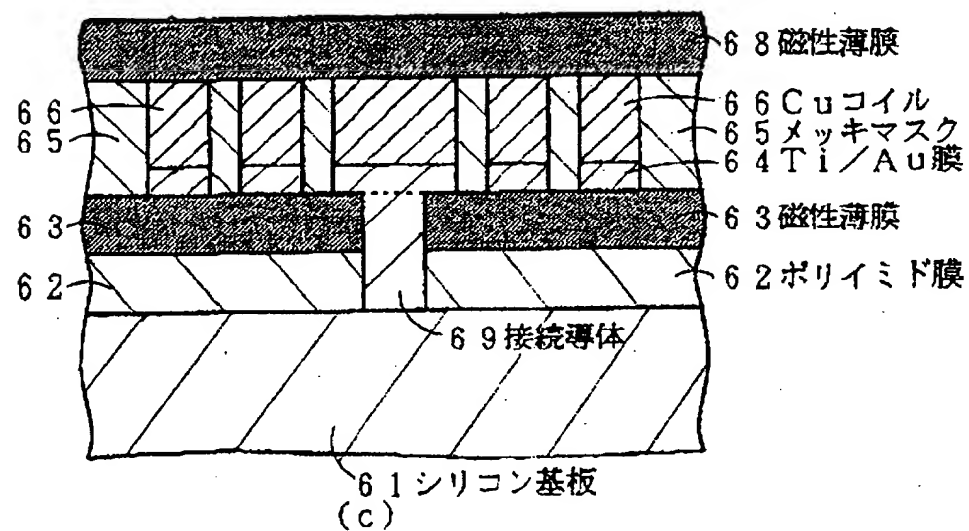
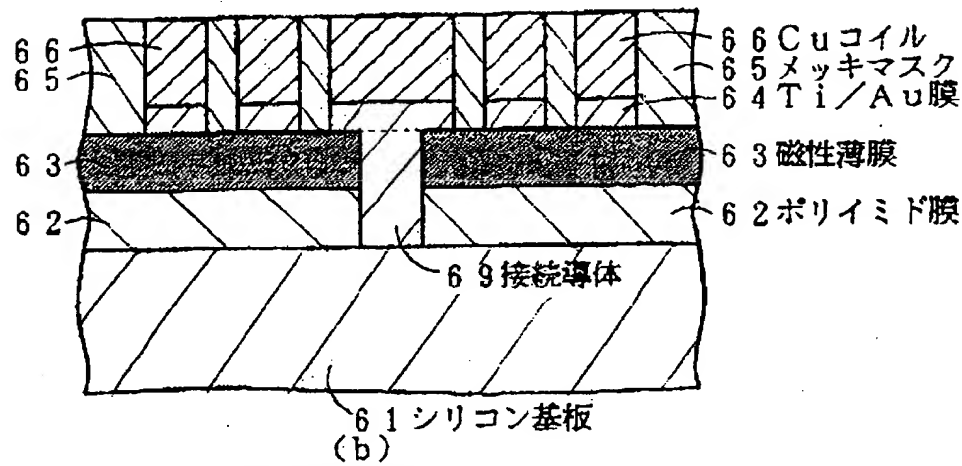
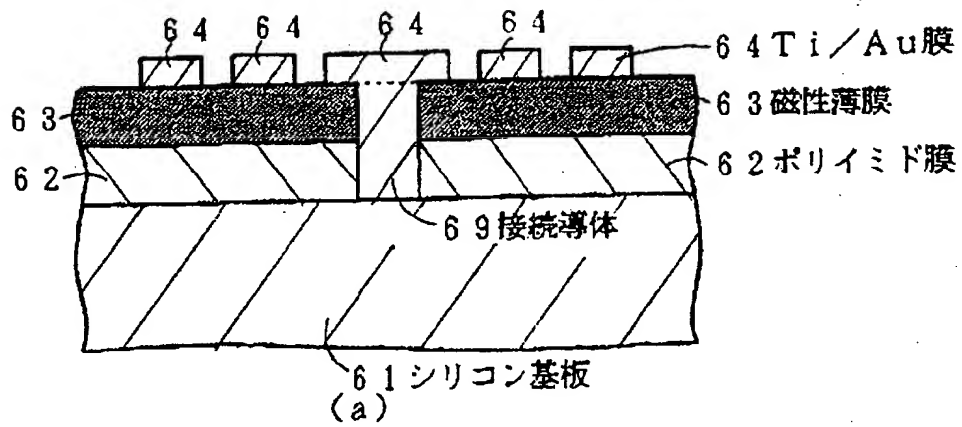
【図4】



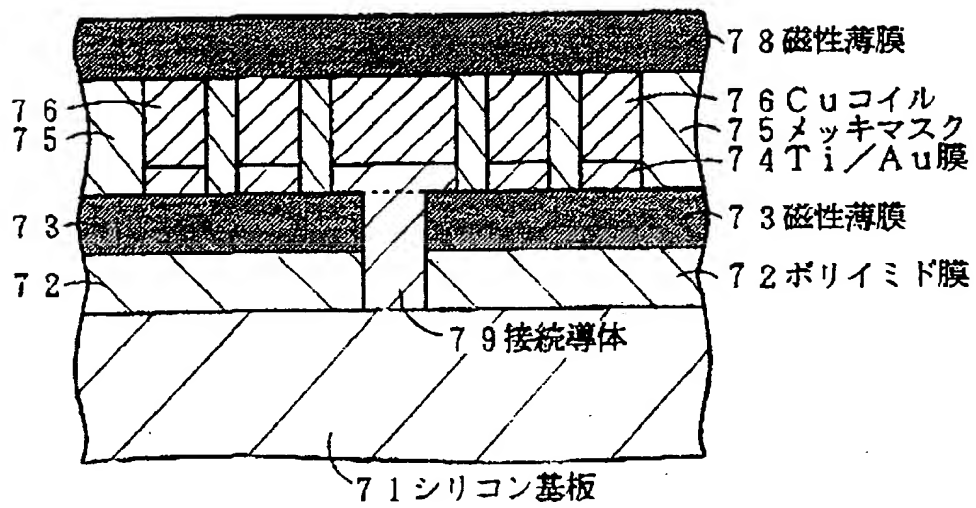
【図5】



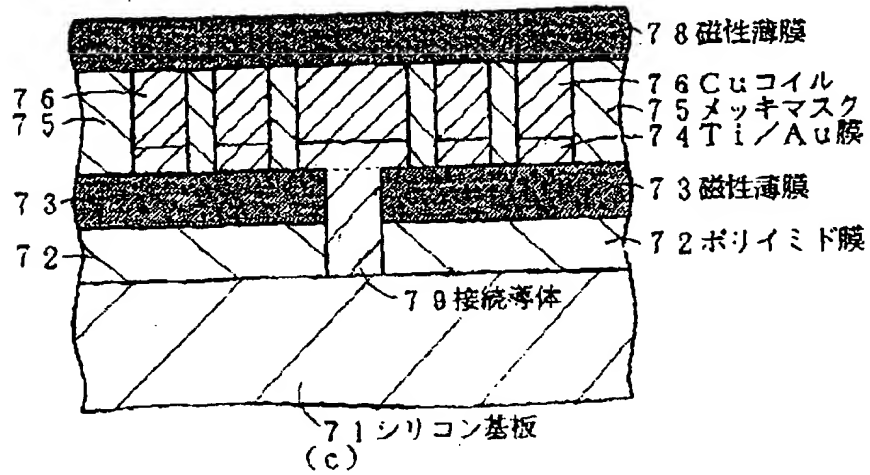
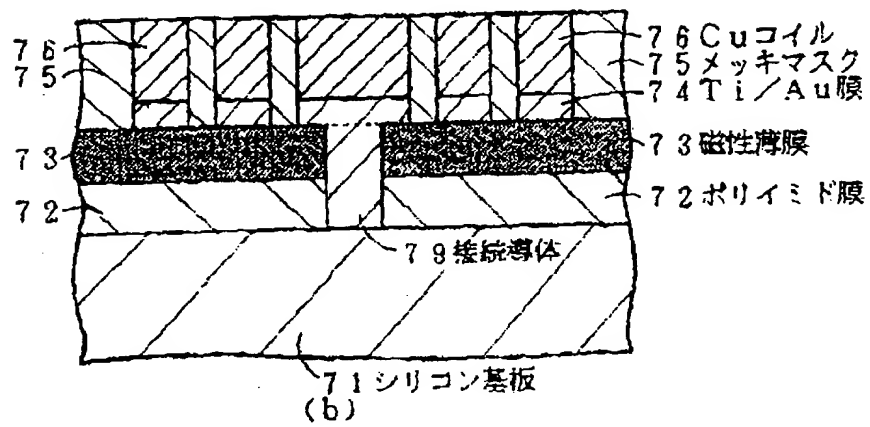
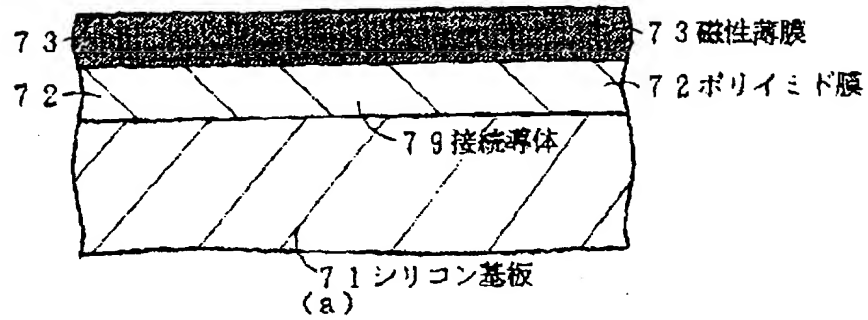
【図 6】



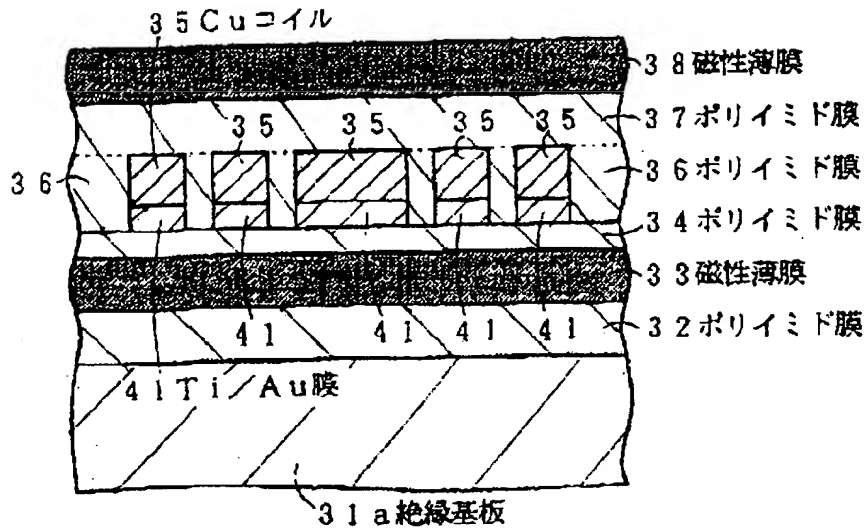
【図 7】



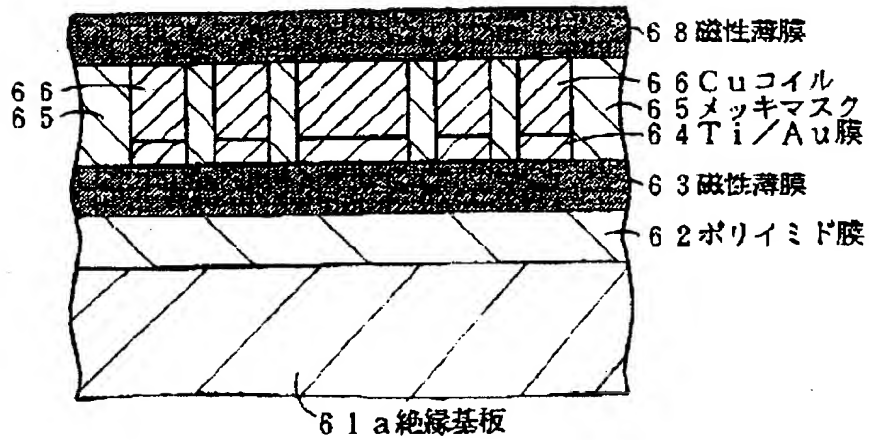
【図 8】



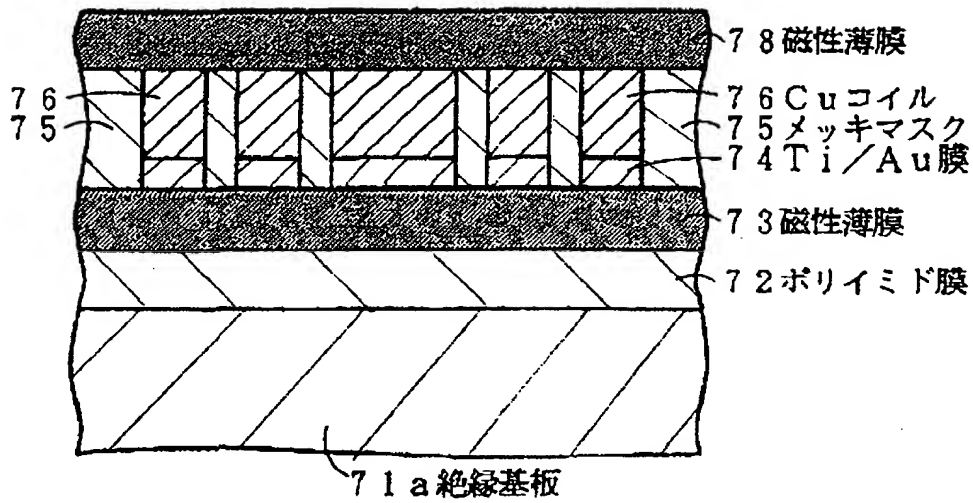
【図9】



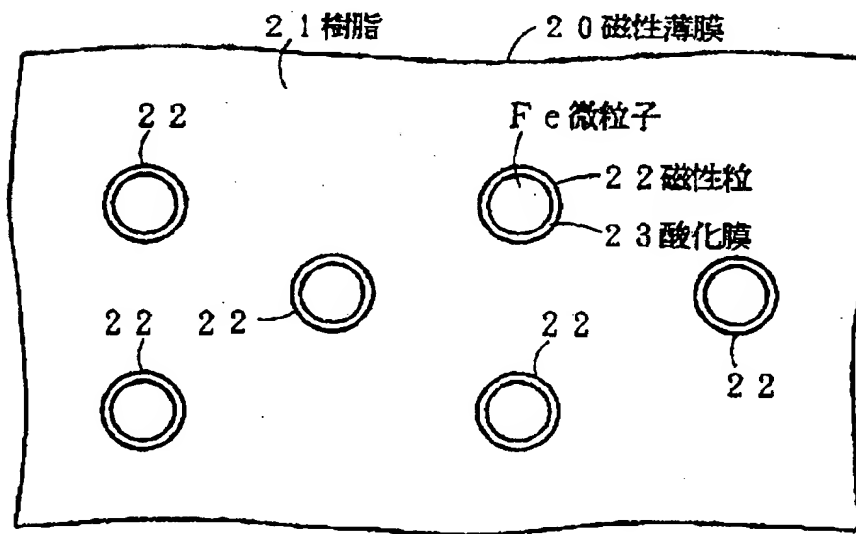
【図10】



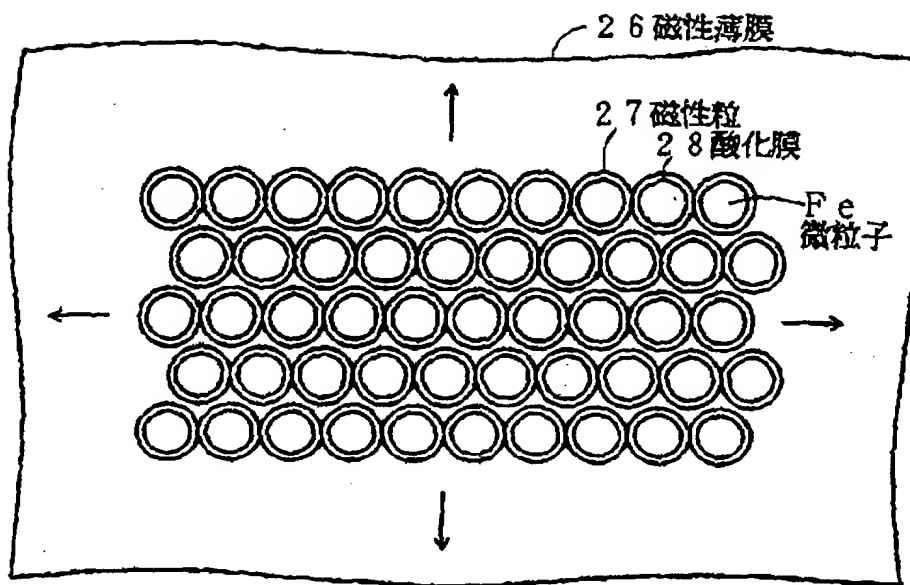
【図 1 1】



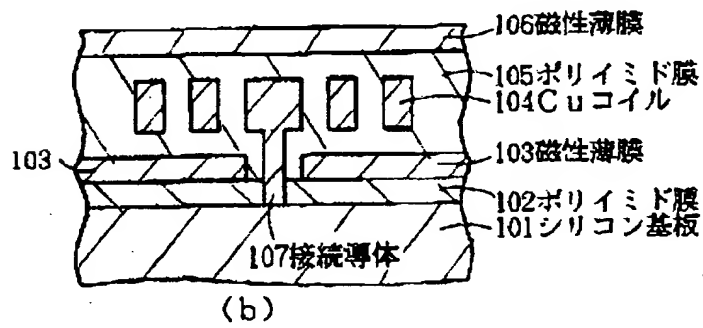
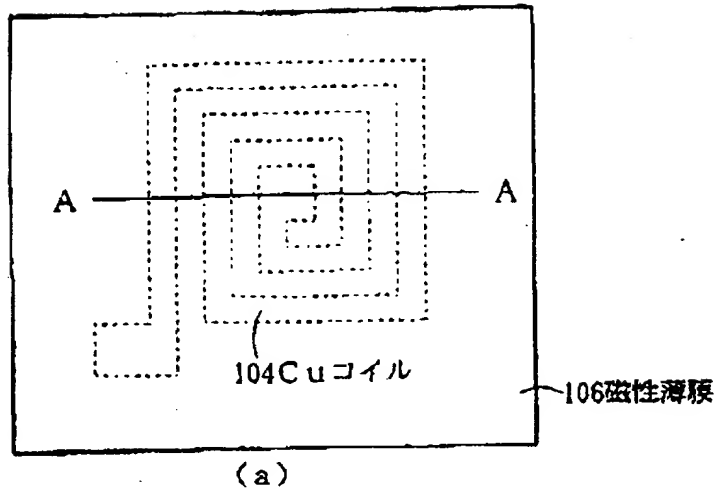
【図 1 2】



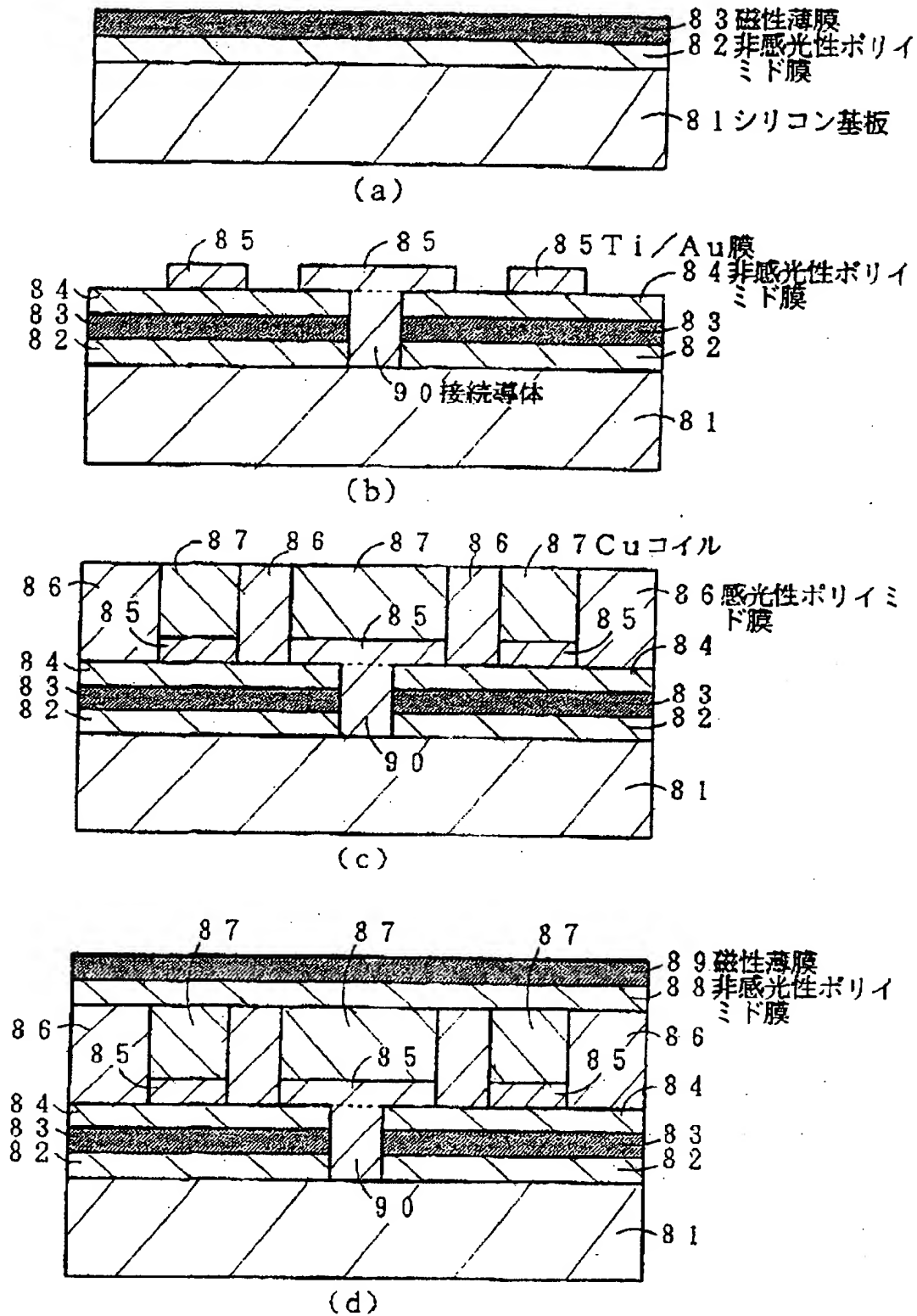
【図 1 3】



【図 1 4】

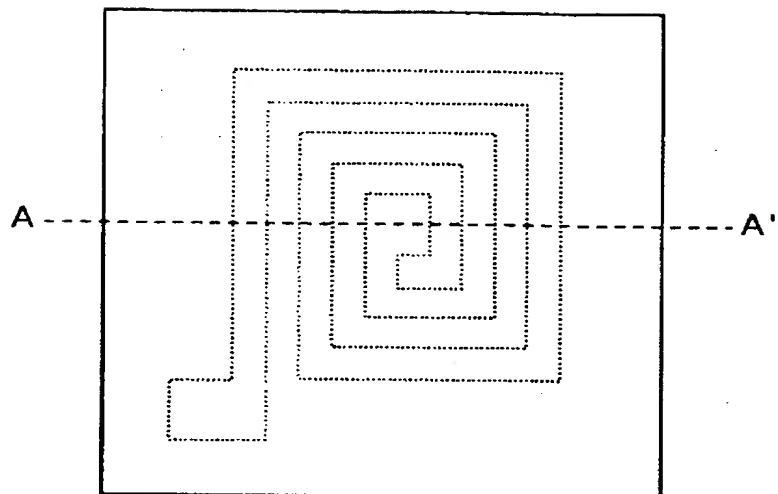


【図 15】

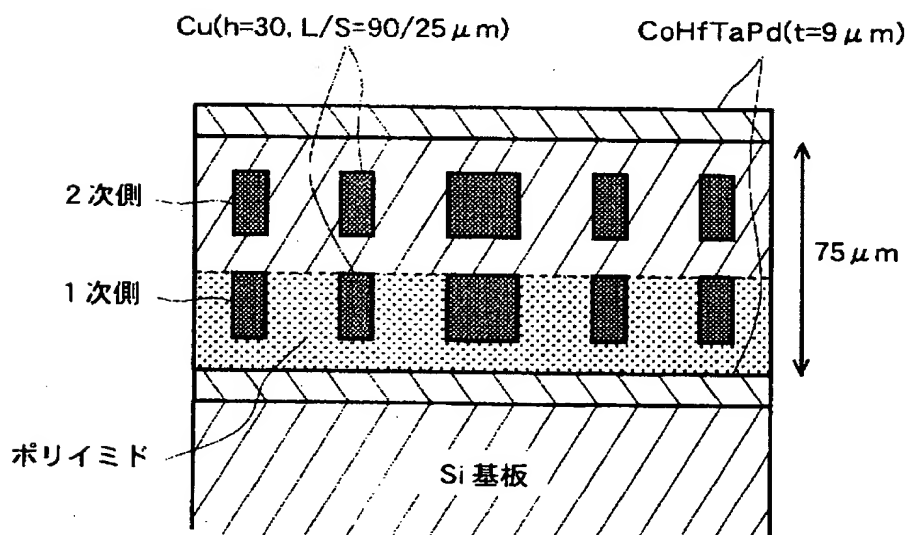


【図 1 6】

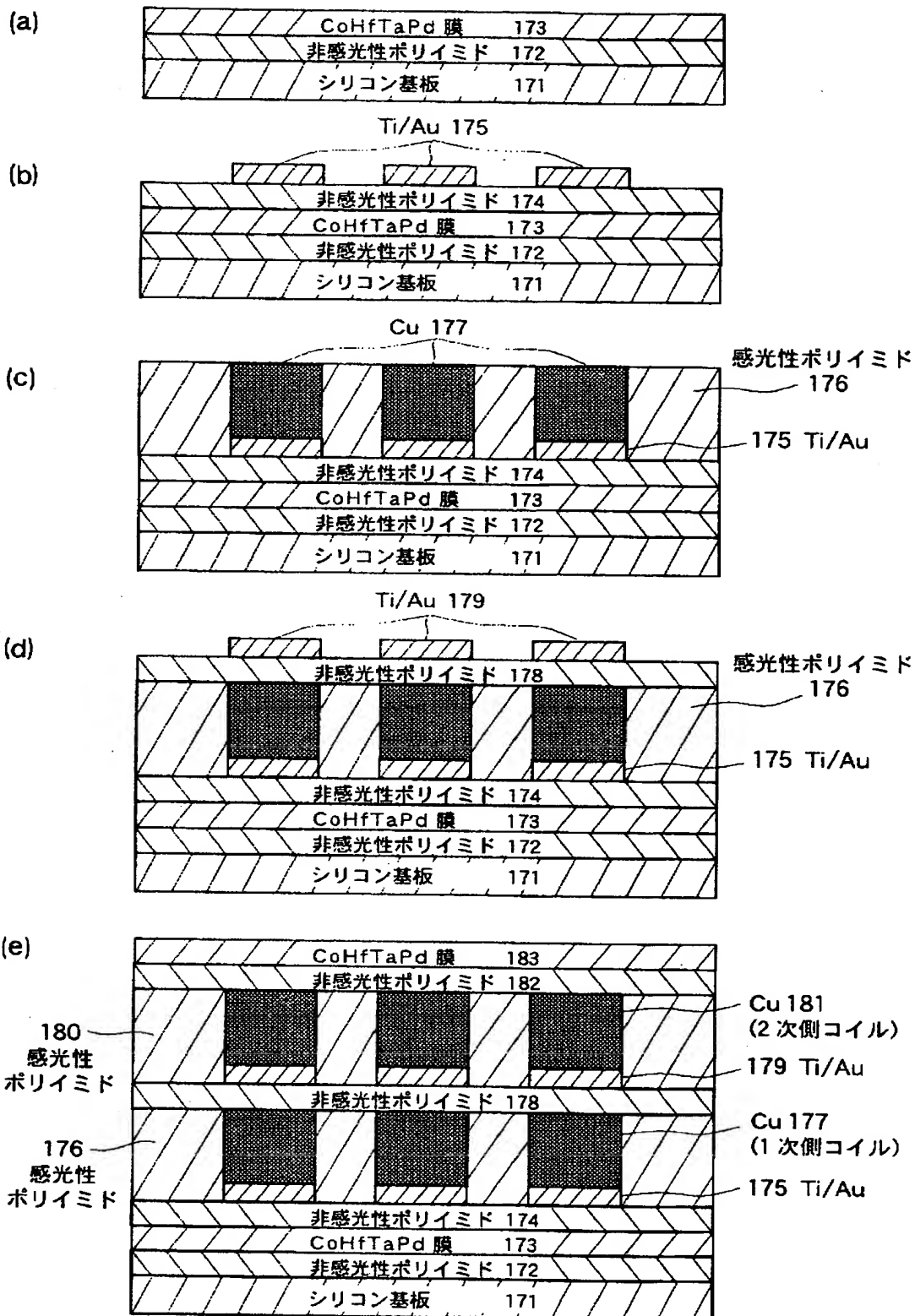
(a)



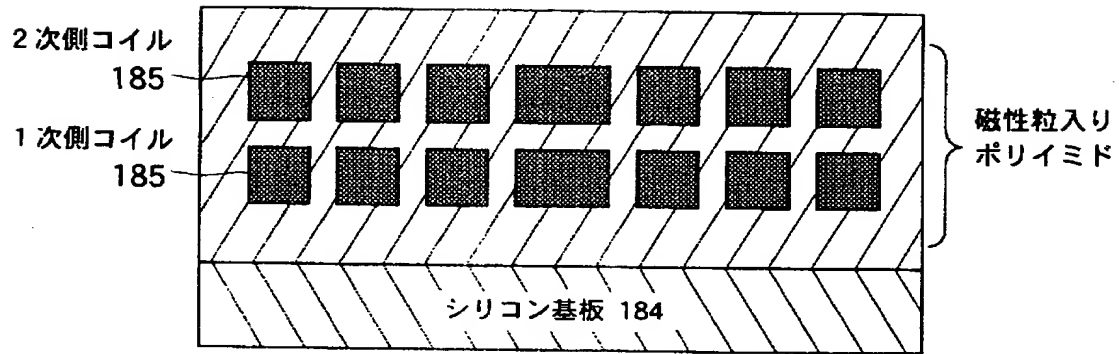
(b)



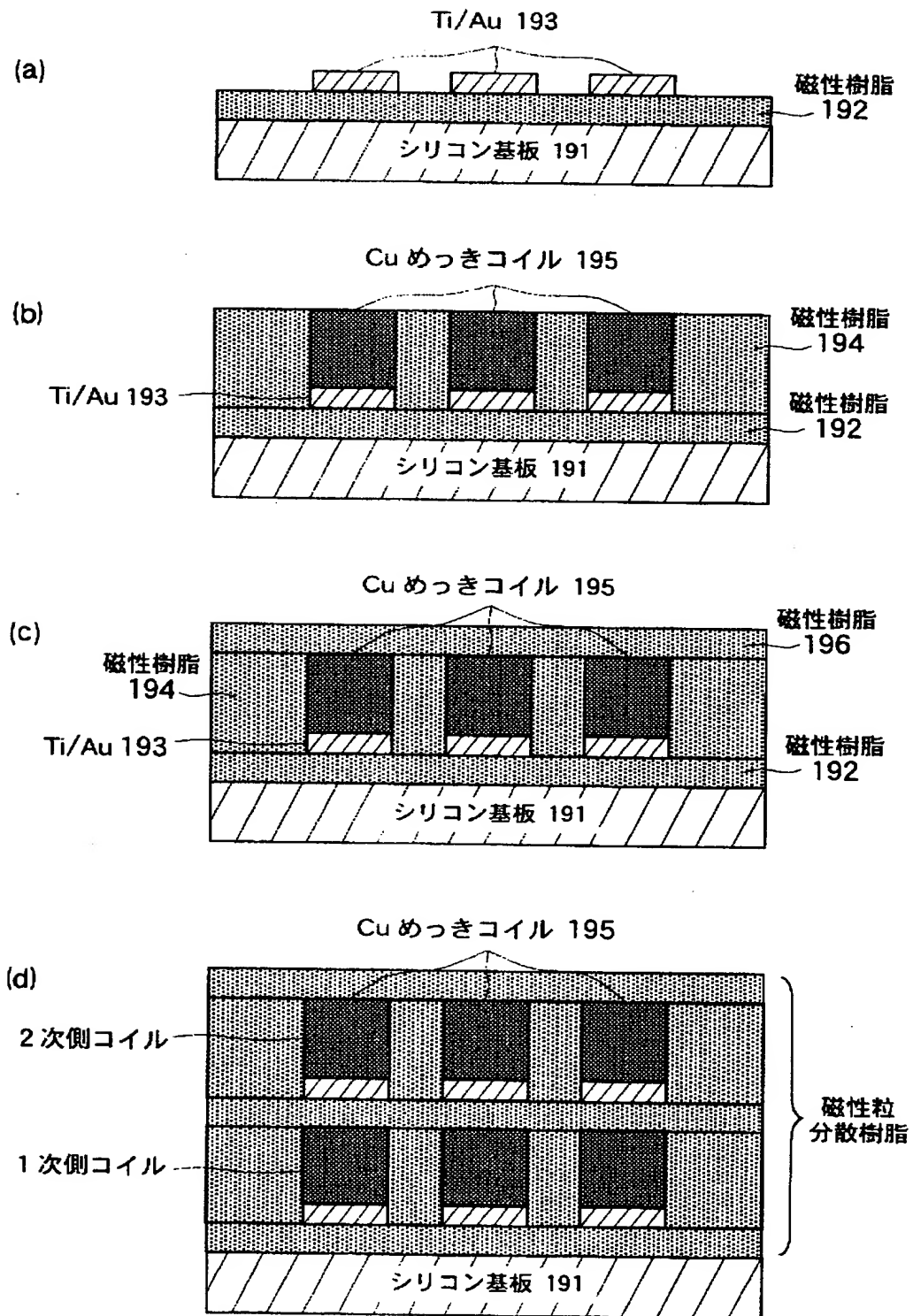
【図 17】



【図 1 8】

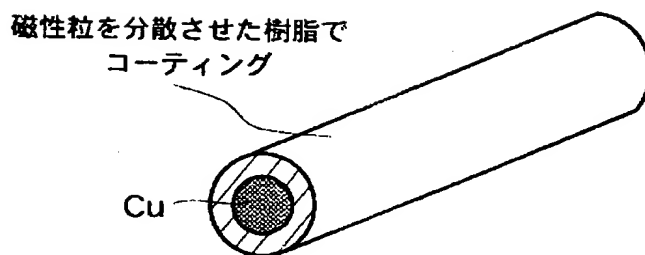


【図 19】

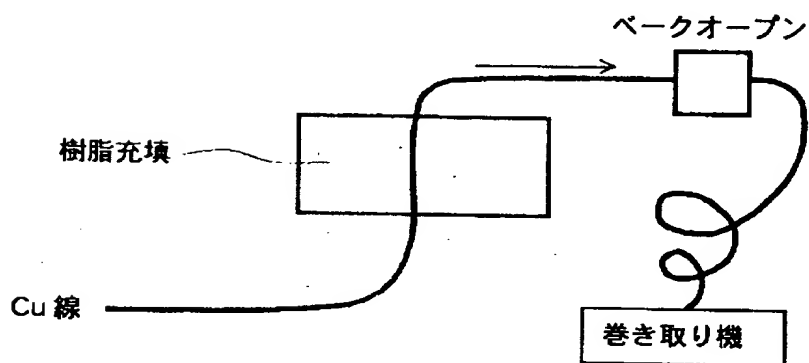




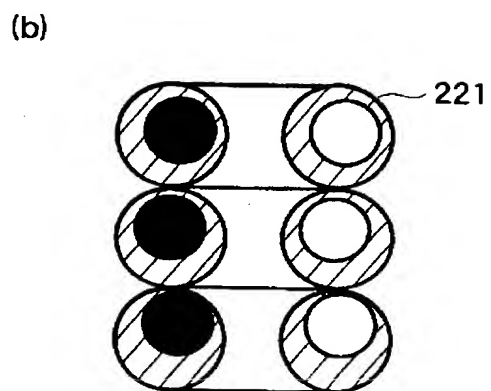
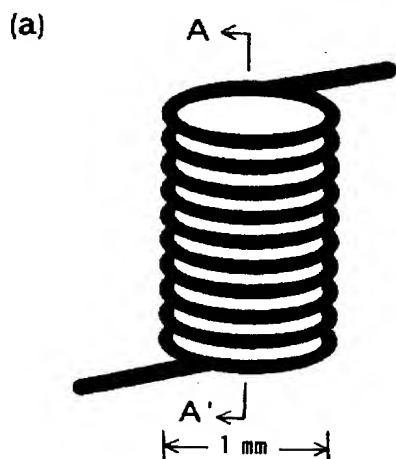
【図 2 0】



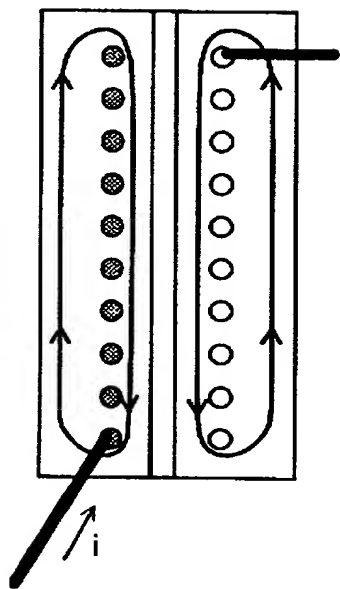
【図 2 1】



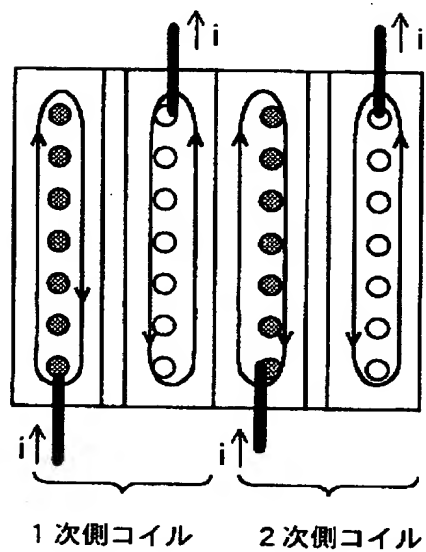
【図 2 2】



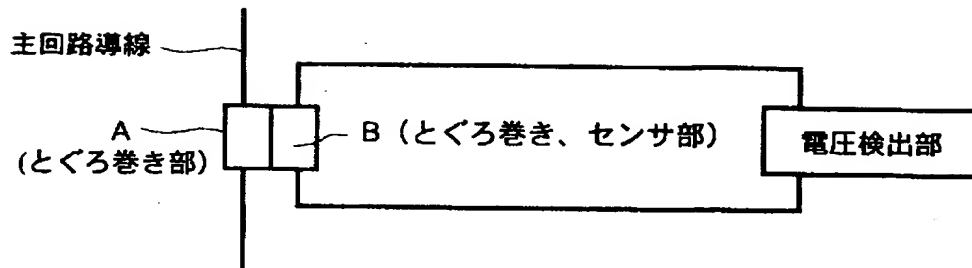
【図 2 3】



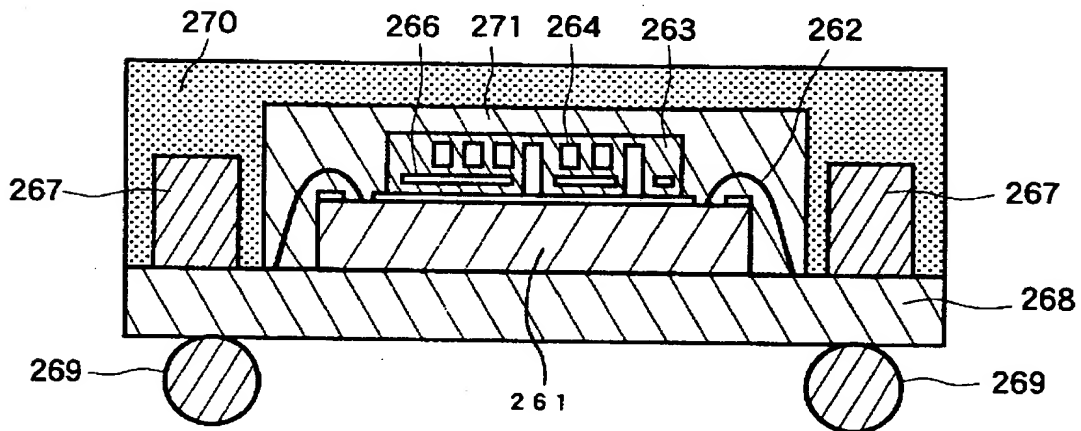
【図 2 4】



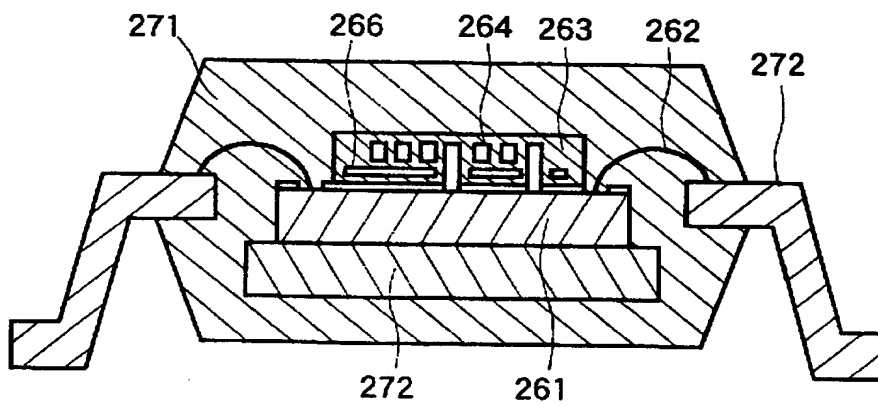
【図 25】



【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 量産性に優れ、簡便に製造でき、厚膜化が可能で、軟磁気特性を有する安価な磁性薄膜とそれを用いた磁気部品およびそれらの製造方法、および電力変換装置を提供する。

【解決手段】 シリコン基板上に、ポリイミド膜が $10\mu\text{m}$ 厚で形成され、その上にFe微粒子を含んだポリイミド膜からなる $20\mu\text{m}$ 厚の磁性薄膜が形成される。この磁性薄膜上にパターニングされたTi/Au膜とTi/Auの接続導体が形成され、その上に $10\mu\text{m}$ 厚のポリイミド膜と、高さ $35\mu\text{m}$ 、幅 $90\mu\text{m}$ 、スペース $25\mu\text{m}$ のCuコイルとCuコイル間のスペースを充填したポリイミド層が形成される。その上に $10\mu\text{m}$ 厚のポリイミド膜を介して、Fe微粒子を含んだポリイミド膜である $20\mu\text{m}$ 厚の磁性薄膜が形成される。この薄膜インダクタは交流抵抗が小さい。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 1 3 3 7 4 4
受付番号	5 0 0 0 0 5 5 9 9 3 3
書類名	特許願
担当官	塩崎 博子 1 6 0 6
作成日	平成 1 2 年 6 月 2 7 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 5月 2日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005234
【住所又は居所】	神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
【氏名又は名称】	富士電機株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100097250
【住所又は居所】	東京都大田区山王 2 丁目 1 番 8 号 山王アーバン ライフ 3 1 7 ・ 3 1 8 号室 オリオン国際特許事 務所
【氏名又は名称】	石戸 久子
【選任した代理人】	
【識別番号】	100101111
【住所又は居所】	東京都大田区山王 2 丁目 1 番 8 号 山王アーバン ライフ 3 1 7 ・ 3 1 8 号室 オリオン国際特許事 務所
【氏名又は名称】	▲橋▼場 満枝
【選任した代理人】	
【識別番号】	100101856
【住所又は居所】	東京都大田区山王 2 丁目 1 番 8 号 山王アーバン ライフ 3 1 7 ・ 3 1 8 号室 オリオン国際特許事 務所
【氏名又は名称】	赤澤 日出夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100103573
【住所又は居所】	東京都大田区山王 2 丁目 1 番 8 号 山王アーバン ライフ 3 1 7 ・ 3 1 8 号室 オリオン国際特許事 務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】 山口 栄一

【書類名】 手続補正書

【整理番号】 00P00163

【あて先】 特許庁長官 殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2000-133744

【補正をする者】

【識別番号】 000005234

【氏名又は名称】 富士電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097250

【弁理士】

【氏名又は名称】 石戸 久子

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 特許願

【補正対象項目名】 提出物件の目録

【補正方法】 追加

【補正の内容】

【提出物件の目録】

【物件名】 委任状 1

【援用の表示】 平成12年6月14日付提出の包括委任状提出書に添付
のものを援用する。

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-133744
受付番号	50000764458
書類名	手続補正書
担当官	塩崎 博子 1606
作成日	平成12年 6月27日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 6月20日
【補正をする者】	
【識別番号】	000005234
【住所又は居所】	神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
【氏名又は名称】	富士電機株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100097250
【住所又は居所】	東京都大田区山王2丁目1番8号 山王アーバン ライフ317・318号室 オリオン国際特許事 務所
【氏名又は名称】	石戸 久子

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005234]

1. 変更年月日 1990年 9月 5日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

氏 名 富士電機株式会社